Phys. sp.
381
n

Phys. Lp. 381 n

Lederer

CENTRISCHE UND EXCENTRISCHE

DYNAMIDEN.

ELEMENTARE BEITRÄGE

ZU EINER

RATIONELLEN ATOMEN-LEHRE

VON

DR. ADOLPH LEDERER,
K. K. FREGATTENARZTE

MIT EINER LITHOGRAPHIRTEN FIGURENTAFEL

WIEN, 1877.
IN COMMISSION BEI
ALFRED HÖLDER
K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER
ROTHENTHURMSTRASSE 15

6 A

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

ÜBERSETZUNGSRECHT VORBEHALTEN

Druck von G. Seraschin in Pola.

DEN MANEN

SEINER INNIG GELIEBTEN MUTTER

WEIL. FRAU REGINA LEDERER

WIDMET DIESE BLÄTTER

IN WEIHEVOLLER ERINNERUNG

DER VERFASSER

VORWORT

Wie die Physik im engern Sinne heute gelehrt wird, könnte man sie füglich eintheilen in einen rationalen, und in einen irrationalen Theil. Den rationalen Theil bildeten dann die Mechanik, die Optik, die Akustik und die Wärmelehre; als irrationalen Theil sollte man betrachten die Lehre vom Magnetismus und von der Elektricität.

Die Mechanik ist die Grundlage des rationalen Theiles der Physik, indem alle einschlägigen Erscheinungen auf Bewegungsformen zurückgeführt, und so in einheitlichem Sinne dem Verständniss näher gebracht werden.

Dass wir auch bei den Erscheinungen des Magnetismus und der Elektricität mit eigenthümlichen Bewegungsformen zu thun haben, ist eine Voraussetzung, zu der jetzt wol alle Physiker geneigt sind. Schon die einfach schönen Sätze von der Erhaltung der Kraft, wie sie zuerst Jul. Rob. Mayer, und dann Helmholtz entwickelt hat, müssen uns darauf führen, dass zwischen Licht, Wärme, Schall und Massenbewegung einerseits, und elektrischen oder magnetischen Erscheinungen anderseits eine fundamentale Aehnlichkeit bestehen müsse, da alle erwähnten Erscheinungen je nach Umständen entweder innig mit einander verbunden sind, oder auch je eine Erscheinung für die andere gleichsam mit aequivalentem Kraftwerthe zu Tage treten kann.

Während wir nun bei den Erscheinungen von Licht, von Schall oder von Wärme uns relativ klare Rechenschaft geben können über die objektiv statthabenden Bewegungs-Vorgänge, sprechen wir bei dem Magnetismus und bei der Elektricität von positiven, und von negativen Fluidis, wiewol wir wissen, dass wir damit Worte gebrauchen, denen nichts weniger als klare Begriffe zu unterlegen sind.

Bei dem heutigen Stande unseres physikalischen Wissens schien mir der Versuch äusserts anlockend, hinter den magnetischen und elektrischen Erscheinungen ebenfalls die objectiven Bewegungsvorgänge zu enthüllen, und so den Zusammenhang aller physikalischen Erscheinungen auch logischerseits herzustellen. Wesentlich angeregt wurde ich zu dem Versuch durch das wiederholte Studium der wichtigen Arbeiten von Du Bois-Reymond über die biologische Bedeutung der fraglichen Erscheinungen oder Vorgänge. Und der Erfolg wurde ermuthigend, nachdem ich mir ein scheinbar sehr enges Theilproblem abgeschieden hatte.

Es war, wie ich glaube, eine glückliche Stunde, als ich mir die Frage vorlegte, ob vielleicht die auffallenden statischen Eingenthümlichkeiten eines magnetisch gemachten Stahlstäbchens auf die allereinfachsten bekannten Bewegungsgesetzte zurückführbar seien. Ich konnte mir die Frage mit einen einfachen Ja beantworten. Bei Lösung dieser Frage hatte ich eine vielversprechende Spur getroffen; die Spur verfolgte ich, und nicht nur alle Erscheinungen des Magnetismus und der Elektricität sah ich mit einem male aufgeklärt vor mir, sondern ich sah auch, wie der Zusammenhang aller chemischen Bewegung, und wie namentlich die bisher so dunkeln Vorgänge der sogenannten chemischen Wahlverwandtschaft sich auf einfache Principien der Mechanik zurückführen lassen. Ich wurde so auf Spuren geführt, welche eine einheitliche, und deutlich einfache Erklärung zunächst für alles Geschehen in der unorganischen Natur gewähren, indem sich zeigt, dass alle erwähnten bisher noch unklaren Erscheinungen ebenfalls von objectiven Bewegungsvorgängen herrühren. Gemeinschaftlich ist allen diesen Erscheinungen, dass sie wesentlich auf eingenthümlichen veränderlichen motorischen Wechselwirkungen zwischen den letzten constituirenden Körperbestandtheilen, und dem diesen adhärenten Aether beruhen. Und weil eben die Veränderlichkeit dieser Wechselwirkungen bisher nicht genügend berücksichtiget wurde, sind die Erscheinungen uns nicht klar geworden.

Wie ich glaube, habe ich die zur Klarheit führenden Spuren gefunden. Dass die Spuren richtig sind, kann ich nur hoffen, ja ich kann sagen, dass ich persönlich von ihrer Richtigkeit überzeugt bin. Ob meine freundlichen Leser geneigt sein werden, mir auf diesen Spuren zu folgen — ist Sache meiner freundlichen Leser.

Dr. Lederer.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

Widmung.
Vorwort.

I. Capitel. Statische Eigenthümlichkeiten eines Stahlstabes, der magnetisch gemacht ist. — Bewegungsimpulse, von welchen diese Eigenthümlichkeiten herrühren. — Veränderte Atom-Zustände. — Oberflächen-Atome. — Terminologie. — Der Attraktionsmittelpunkt der Erde. — Dynamische Eigenthümlichkeiten eines magnetisch gemachten Stahlstabes. — Bewegungsimpulse, von welchen diese Eigenthümlichkeiten herrühren. — Verschiedenheit der Aetherschwingungen. — Wie die Drehimpulse entstehen. — Erklärung einiger specieller Erscheinungen an sogen. magnet. Körpern. — Mass der Wirkung von Magneten. — Recapitulation . . . 1

II. Capitel. Bewegungserscheinungen an sogen. elektrischen Körpern. — Verschiedene Bewegungsimpulse, von welchen sie hervorgebracht werden. — Aether — sein Wechselverhältniss mit Ponderabilien. — Massbestimmung über den Einfluss der Entfernung auf das Wechselverhältniss. — Warum der Aether gewichtlos ist, wiewol er Masse hat. — Mathematische Ableitung der Schwingungsgeschwindigkeit von Aetherkügelchen. — Ueber die dem Aether immanenten Kräfte, und über die ihm mitgetheilten Bewegungsimpulse. — Wirkung von Aether auf Aether. — Mass der Wechselwirkung von Aether und Ponderabilien in Distanz — auch an magnet. Erscheinungen nachweisbar 29

III. Capitel. Erhärtung der entwickelten Vorstellungen an dem Gefrieren des Wassers. — Ursachen der Volums-Zunahme, der Cohäsions-Zunahme und der optischen Eigenschaften des Eises nach Aenderung des Aggregats-Zustandes. — Wesentliche Krystallform des Eises. — Hemiedrieen . . . 45

IV. Capitel. Chemische Bewegungen. — Specielle Darstellung der Bewegungen bei der Verbindung von Chlor und Wasserstoff unter dem Einflusse von Licht. — Mechanische Ableitung der differenten chemischen Wirksamkeit der verschiedenen homogenen (einfarbigen) Lichtsorten. — Allgemeine mechanische Darstellung des Zustandekommens von chemischen Verbindungen und Lösungen. — Aetherdichte chemisch verschiedener Stoffe. — Wünschenswerthe Massbestimmungen. — Zwillingsdynamiden. — Schematische Reihen der chemischen Beweglichkeit für die Elementarstoffe. — Anzuhoffende Fortentwickelung einer rationellen Atomenlehre 50

I. Capitel.

Statische Eigenthümlichkeiten eines Stahlstabes, der magnetisch gemacht ist. — Bewegungsimpulse, von welchen diese Eigenthümlichkeiten herrühren. — Veränderte Atom-Zustände. — Oberflächen-Atome. — Terminologie. — Der Attraktionsmittelpunkt der Erde. — Dynamische Eigenthümlichkeiten eines magnetisch gemachten Stahlstabes. — Bewegungsimpulse, von welchen diese Eigenthümlichkeiten herrühren. — Verschiedenheit der Aetherschwingungen. — Wie die Drehimpulse entstehen. — Erklärung einiger specieller Erscheinungen an sogenannten magnetischen Körpern. — Mass der Wirkung von Magneten. — Recapitulation.

Ich lade Sie, freundlicher Leser, hiemit zu folgendem Versuche ein:

Wir nehmen zwei scheinbar ganz gleiche, symmetrisch geformte Stahlstäbchen; wir hängen beide hiezu eingerichtete Stäbchen an einem passenden Gestelle so auf, dass sie genau in ihrem räumlichen Mittelpunkte, um eine (rechtwinkelig querliegende) horizontale Achse drehbar sind, und frei balanciren können.

Das eine unserer beiden Stäbchen können wir stellen wie wir wollen, wenn wir es in eine wagrechte Lage gebracht haben, bleibt es darin, weil es in seinem Schwerpunkte unterstützt ist, und sich demnach im sogenannten indifferenten Gleichgewichte befindet.

Wenn wir aber unser zweites Stäbchen mit seinem Stative in einer bestimmten Richtung aufstellen, und versuchen, das Stäbchen wagrecht balanciren zu lassen, finden wir, dass es constant nach einer Seite überhängt.

Jetzt denken wir uns, freundlicher Leser, dass wir ein aus dem Griechischen stammendes Wort „Magnetismus“ noch nie gehört hätten; denken wir uns, dass wir von den physikalischen Wissenschaften nur die einfachen, klaren, leichtverständlichen Sätze der Mechanik, also die Grundsätze vom Gleichgewichte und von der Bewegung der Körper kennen.

In diesem Falle würden wir unpräjudicirt sagen, es sei auf irgend eine Weise der Schwerpunkt unseres zweiten Stäbchens verrückt; der Schwerpunkt liege nicht mehr im räumlichen Mittelpunkte des symmetrisch geformten Stäbchens, sondern er sei nach der Seite verrückt, nach welcher das Stäbchen so hartnäckig überkippt.

Wie sollte das zugehen? denken wir nach!

Unser Eisenstäbchen ist nicht schlechtweg ein Eisenstäbchen, sondern es ist eine Vielheit von Eisenatomen; ein Eisenatom aber — und jedes Atom, wie jetzt ziemlich allgemein von allen Physikern angenommen wird — besteht aus einem ponderablen Kern, der inmitten einer verhältnissmässig viel grössern Hülle von Aether sitzt.

Der Aether wird jetzt allgemein imponderabel gedacht — was es damit für eine Bewandtniss hat, wollen wir später zu erfahren trachten — für unsere in Frage stehende Erscheinung brauchen wir nur zu wissen, ob der Aether überhaupt specifisch weniger wiege als das Eisen, und das können wir ohne weiteres annehmen. Wir haben demnach eine Summe von specifisch schweren Kügelchen, welche innerhalb grösserer Kugeln von absoluter oder relativer Gewichtlosigkeit suspendirt sind — wir haben eine Summe von Dingerchen vor uns, welche man nach Redtenbacher als Dynamiden bezeichnen kann.

Um uns nicht mit abstrakten Begriffen und Definitionen zu ermüden, erläutern wir uns die Sache mit einem anschaulichen Beispiele.

Wir nehmen einige Bleikügelchen von etwa 3 Millimet. Durchmesser, und legen sie in je eine Wachskugel von 3 Centimet. Durchmesser mitten hinein. So präparirte conzentrisch gelagerte Kugelpaare nehmen wir etwa sechs, und reihen sie an kleinen Holzstiftchen zu einem geraden, wie Perlen an einem Stäbchen gefassten zusammenhängenden Körper. Wenn wir diesen stabförmigen Körper in seiner Längsmitte aufhängen, wird er wagrecht hängen. Jetzt nehmen wir sechs andere Wachskugeln, so gross wie die früheren, und drücken in jede ein Bleikügelchen nur sanft in die Wachsmasse, dass es knapp an der Periferie der Wachskugel excentrisch steckt. Während in unserem ersten Kugelsystem der Schwerpunkt jeder Kugel in ihrem räumlichen Mittelpunkte lag, ist in dem zweiten System der Schwerpunkt der gefüllten Wachskugel nahezu in die Periferie gerückt.

Reihe ich diese zweitgeformten sechs Wachskugeln an Holzstiftchen zu einem Stabe, so kann ich die Schwerpunktslage des ganzen Stabes in mehrfacher Weise variiren; und wenn die Schwerpunkte aller Kugeln nach einer Richtung gleichsinnig aus dem räumlichen Kugelmittelpunkte verrückt sind, so muss unser Stäbchen mit der betreffenden Hälfte überhängen, wenn wir es in seiner Längsmitte suspendiren.

Es frägt sich jetzt, ob wir uns ein in der Natur gegebenes Zusammenspiel von rein mechanisch gut erklärbaren Bewegungsimpulsen denken können, welche ein solches Verrücken vom Schwerpunkte eines Atomes zu Wege bringen, ohne dass wir nöthig hätten an ein weiter nicht erklärbares Taschenspielerstückchen zu denken, dessen ganzes Ansehen darin besteht, dass wir ihm ein griechisches Wort als Namen anhängen — ein Wort, ohne deutlichen Begriff!

Nehmen wir eine geöffnete Thierblase; in diese Thierblase (von etwa 15 Centimet. Diameter) hängen wir eine Bleikugel von etwa 2 Centimet. Diameter hinein, so zwar, dass wir mit einem Faden, der halb so lang wie der Blasendurchmesser ist, die Kugel an den geschlitzten Rand der Thierblase anheften oder anbinden. Nun füllen wir die Blase mit Wasserstoffgas und verschliessen sie durch Zuschnüren ihrer Oeffnung luftdicht. Wenn wir die zur bequemeren Handhabung am Rande ange-

feuchtete Blase jetzt trocknen lassen, haben wir ein vorzügliches Objekt, um uns die in Rede kommenden Verhältnisse anschaulich zu machen.

Wir können übrigens statt des Wasserstoffgases athmosphärische Luft nehmen; wir können statt der Thierblase einen aus dünnen Fischbeinstäbchen und feinem Papier verfertigten nicht luftdicht schliessenden Globus (eine Art Ballon oder Lampion) nehmen; dies ändert nur so viel an der Sache, dass die Erscheinungen quantitativ weniger in die Augen springend sind, aber im Wesentlichen zeigen uns alle diese Combinationen Folgendes.

Wenn wir die sphärische Blase (oder den Ballon u. s. w.) in vollkommen ruhiger Luft mittelst eines Fadens aufhängen, ist die Bleikugel im Centrum der Blase. Blase und Kugel, durch einen Faden zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden, stellt uns ein kugelförmiges Objekt dar, welches seinen Schwerpunkt im räumlichen Mittelpunkte hat.

Jetzt öffnen wir ein Fenster von der Windseite, oder bei Windstille nehmen wir einen Blasebalg zur Hand, und lassen in schiefer oder horizontaler Richtung einen kräftigen Luftstrom gegen die Blase wehen. Die Blase flattert vor dem Winde, und wir hören wie sie knatternd an die fast unbewegte Kugel schlägt; ist der Wind kräftig, und in fortwährend konstanter Stärke, so legt sich die Blase in der Windseite an die Kugel an; der Schwerpunkt unseres zusammengehörigen Sphärensystems ist nahezu an die Periferie verrückt. Siehe *Fig. 1.*

(Diese und alle folgenden Figuren sind auf der Figurentafel am Schlusse des Buches zu finden).

Analysiren wir die mechanischen Vorgänge bei dieser Veränderung:

Die Schwere wirkt nach qualitativ vollkommen gleichen Gesetzen auf die Kugel und auf die Blase; auch der Lufdruck, wirkt auf die Blase, und mittelbar durch das darin befindliche Gas auf die Kugel; wir haben zwei Bewegungsimpulse von verschiedener Richtung und verschiedener Stärke; die beiden Bestandtheile unseres zusammengehörigen Sphärensystems folgen nicht in gleicher Weise den beiden Bewegungs impulsen, weil die Bewegungswiderstände für beide Theile ungleich sind. Für die Kugel ist in der Trägheit und Schwere ihrer bedeutenden Masse ein Bewegungswiderstand gesetzt, der grösser ist, als der Unterschied des Luftdruckes von den verschiedenen Seiten; oder grösser als der Bewegungsimpuls, den die Luft auf ihre Masse abgeben kann. Bei der Blase ist wieder der Widerstand des Luftauftriebes zu gross, als dass ihre Schwere allein genügen sollte, sie in der Schwerlothlinie festzuhalten; oder, was auf dasselbe hinauskömmt, die Oberflächen der beiden Substanzen sind verschieden gross relativ zu ihren Massen, so dass von der Luftbewegung sich auf den einen Bestandtheil mehr, auf den andern weniger bewegende Kraft übertragen kann, daher beide auf die gleichen Bewegungsimpulse verschieden reagiren. Ganz analoge Verhältnisse haben wir bei unserem Eisenatome oder der Eisen-Dynamide.

Im Centrum von einer gewichtlosen Aetherhülle sitzt ein kleines schweres Eisenkügelchen, nnd auf dieses System wirken auch zwei Bewegungsimpulse von verschiedener Stärke und von verschiedener Richtung:

1. Die Schwere wirkt in einer Richtung u. zw. an jedem Punkte der Erde nach dem Attraktionsmittelpunkte der Erde.

2. Der von der Erdachsendrehung herrührende Bewegungsimpuls, die Fliehkraft wirkt an jedem Punkte der Erde in einer Ebene, welche senkrecht zur Rotationachse der Erde steht. Dieser Bewegungsimpuls macht also an jedem Punkte der Erde mit der Schwerlothlinie einen Winkel, der gleich ist dem Erdbreitenwinkel, vorausgesetzt, dass der Attraktionsmittelpunkt der Erde mit ihrem Rotationsmittelpunkte zusammenfällt. *Fig. 2* möge zur Erläuterung dienen.

Die Linie $N S$ stelle die Erdachse vor, und A sei ein Eisenatom an der Erdoberfläche. So lange wir uns das Eisenatom concentrisch gebaut denken, begrenzt der punktirte Kreis einen Hauptschnitt des Atomes. Der Punkt in seiner Mitte ist der ponderable Kern, in welchem der Schwerpunkt des ganzen Atomes liegt. Die Linie $C a$, vom Erdmittelpunkte C durch den Atomschwerpunkt geführt, ist die Schwerlothlinie und $h\ h$ die Horizontalebene. Nun wirkt die Erdachsendrehung (repulsiv) treibend auf das Atom in einer Ebene, deren Durchschnitt in unserer Zeichnung zur Linie $n\ A$ verkürzt ist. Dieser treibenden Wirkung gibt der Aether nach, und das Eisen gibt ihr nicht nach, so wie die Blase dem Winde nachgibt, und die Kugel ihm nicht nachgibt. Die Aetherhülle muss sich also verrücken längs der Linie $n\ A$; jetzt steht die Aetherhülle so, wie der ausgezogene Kreis andeutet. Errichten wir die Lothlinie $\alpha\ f$, welche durch den nunmehrigen räumlichen Mittelpunkt des so veränderten Atomes geht, so schneidet sie die Horizontale $h\ h$ in einem Punkte f; projiciren wir den Punkt f auf die Erdachse, so ist er längs dieser gegen die Projection des Schwerpunktes verschoben; auch auf der Horizontalen $h\ h$ ist der Schwerpunkt des Atomes gegen die Projection des räumlichen Mittelpunktes verschoben. Bezeichnet N den Nordpol der Erdachse, so ist der räumliche Mittelpunkt des Atomes auf der Horizontalen nach Süden gerückt, und der Atomschwerpunkt ist in Beziehung zum räumlichen Atommittelpunkt nach Norden verrückt.

Wenden wir dieselbe Betrachtung auf ein Atom G an, welches über dem Erdäquator sich befindet, so sehen wir, dass sein Schwerpunkt in Ansehung zum räumlichen Mittelpunkte blos nach unten längs der Schwerlothlinie untergesunken ist, wie ein specifisch schwerer Körper in einer specifisch leichteren Flüssigkeit untersinkt, weil ihr Auftrieb nicht genügt, ihn suspendirt zu erhalten. Hier liegt nämlich für unser Atom die Schwerlinie in der Ebene des Auftriebes vermöge der Erdachsendrehung, daher findet ein Ausweichen gegen einen Erdpol nicht statt.

Dehnen wir unsere Folgerungen auf ein Atom B aus, welches südlich vom Erdäquator liegt, so sehen wir, dass hier der Aether mit dem räumlichen Atomcentrum auf der horizontalen Ebene nach Norden abgewichen ist — Linie $\beta\ i$ auf $h_2\ h_2$ — und für dieses Atom ist daher der Schwerpunkt in Beziehung auf den räumlichen Mittelpunkt nach Süden gerückt.

Jetzt begreifen wir, warum unser Eisenstab beiläufig nach Norden überhängt, wenn seine Längsachse in die nord-südliche Richtung fällt; in seinen Atomen legt sich die Aetherhülle so, dass der Schwerpunkt des Atomes nach Norden fällt.

Die einzelnen Atome können wir nicht sehen, und ihre Veränderungen können wir nicht wahrnehmen; wir nehmen diese Veränderungen erst wahr, wenn in einer grossen Anzahl von Atomen die Veränderungen gleichsinnig wirksam bis zu einer gewissen Grösse sich summirt haben. Wir könnten eben so gut ein Eisenstäbchen mit einer nach Ost und West gerichteten Längsachse um eine in der Horizontalen senkrecht darauf stehende Achse drehend balanciren lassen, dann wird wieder auf der nördlichen Erdhälfte die nördliche Hälfte seines Längschnittes überhängen, nur ist der Ausschlag gering, weil die Summe des Uebergewichtes an einem viel kleinern Hebelarm angreift: an einem Hebelarm, der proportionel ist dem viel kleineren Querdurchmesser des Stäbchens.

Bevor wir weitere, später klar werdende Hilfsvorstellungen herbeiholen können, haben wir uns nur zu denken, dass bei dem Eisen zwischen der specifischen Dichte des Kernes und zwischen der spezifischen Dichte des ihm adhärenten Aethers, dann zwischen der Grösse des Kernes und der Grösse der Aetherhülle ein für das Ausweichen des Schwerpunktes aus dem Centrum viel günstigeres Verhältniss besteht, als bei anderen Stoffen, und wir haben dann eine Vorstellung, wie die statischen Veränderungen in dem gedachten Eisenstabe zu Stande kommen. Erinnern wollen wir uns zugleich, dass bei einem sogenannten magnetischen Stabe die nach unserer Vorstellung statthabende Versetzung des Gesammtschwerpunktes, da sie auf beiden Seiten summirt höchstens den Durchmesser eines Atomes beträgt, an sich allein quantitativ nicht ausreicht, um einem Stabe von beliebiger, üblicher Grösse die variable inclinatorische Stellung zu geben. Festhalten müssen wir aber, dass der Schwerpunkt des fraglichen Stabes wirklich nicht genau im räumlichen Mittelpunkte liegt und wenn wir später von den Kräften sprechen werden, welche einen leicht drehbar aufgehängten Magnetstab überhaupt in der bekannten, auffallenden Weise bewegen, werden wir uns gegenwärtig halten, dass eben die eigenthümliche Schwerpunktslage ausschlaggebend ist für die endliche Ruhelage, welche ein Magnetstab annimmt, sobald er in günstiger Weise aufgehängt ist.

Vorerst war es uns nur darum zu thun, für das Ausweichen des Schwerpunktes eine mechanische Erklärung zu suchen, und — zu finden. — Wie damit zusammenhängende secundäre Veränderungen erst die eigenthümlichen Bewegungen magnetischer Stäbe herbeiführen, und wie durch verschiedene Zustände der oberflächlichen Atome sich ein magnetischer von einem nicht magnetischen Eisenstabe unterscheidet, werden wir erst später uns zu erklären unternehmen. Weil aber die secundären Veränderungen in der Beweglichkeit des Aethers der einzelnen Atome mit der Veränderung der Schwerpunktslage, also gleichsam mit der veränderten Statik der einzelnen Atome resp. des ganzen Stabes genau und innig zusammenhängen, müssen wir uns mit dieser veränderten Statik noch ausführlicher beschäftigen, bevor wir die höchst erfolgreichen secundären Veränderungen selbst in nähere Betrachtung ziehen.

Wenn ich einen beliebigen Stab von weichem Eisen parallel mit einer magnetischen Inclinationsnadel aufhänge, sind seine Atome so angeordnet, dass ihre Schwerpunkte excentrisch und nach Norden

abgewichen sind; kehre ich denselben Eisenstab um, drehen seine Atome sich so, dass ihre Schwerpunkte wieder nach Norden oder, genauer gesagt, nach dem nähern Erdpole abgewichen sind.

Wenn ich aber einen Eisenstab parallel mit einer Inclinationsnadel hänge, und einige Hammerschläge darauf führe, können seine Atome nicht mehr so leicht drehen wie früher, sie scheinen schon in einer gewissen Stellung fixirt. Ich kann durch Streichen, durch Hämmern, kurz durch verschiedene mechanische Einwirkung auf die oberflächlichen Atome eines Eisenstabes oder noch besser eines Stahlstabes ein Objekt herstellen, welches immer eine ganz bestimmte Seite dem nähern Erdpole zukehrt, wenn es leicht um eine Vertikalaxe drehen kann.

Wie geht das zu?

Nehmen wir eine Anzahl gut gedrehter Holzkügelchen, und bohren wir sie etwas an; in das Bohrloch giessen wir Blei, nun lassen wir unsere so präparirten Holzkügelchen sehr gut poliren; dann legen wir sie in eine glattwandige, beiläufig kubische Blechbüchse so hinein, dass sie nicht zu enge liegen, aber sonst die Büchse in bequemer Nebeneinanderlage ausfüllen. Die Büchse sei durch Schieber wenigstens an drei Seiten zu öffnen.

Da jedes unserer Holzkügelchen an einer Seite schwerer ist, wird es diese Bleiseite immer thunlichst nach unten kehren. Wir schliessen unsere gefüllte Büchse, und stellen sie statt auf ihren Boden auf eine andere ihrer Seiten; unsere Kügelchen werden sich ziemlich leicht drehen, und wenn wir jetzt die Büchse öffnen und die Kügelchen besehen, finden wir, dass sie wieder mit der Bleiseite nach unten liegen; wir kehren die Büchse auf eine dritte Seite, die Kügelchen — wie die Stehaufmännchen — drehen wieder nach u. s. w.

Nun nehmen wir unsere mit Kugeln gefüllte, geschlossene Blechbüchse, und führen einige kräftige Hammerschläge auf ein paar von ihren Seiten, dass das Blech auffallende Biegungen und Quetschungen bekömmt. Siehe da! die ganze lustige Dreherei unserer Kügelchen hat zum grossen Theil ein Ende; mit Mühe öffnen wir unsere Büchse und finden die Kügelchen gequetscht, aneinander gedrängt, und die meisten liegen so, wie sie gerade vor den Hammerschlägen waren. Am ärgsten mitgenommen sind die Kugeln der äusseren Schichten unmittelbar an den gehämmerten Büchsenseiten; die zweite Lage ist schon weniger lädirt, und in der Mitte finden wir Kugeln, die noch ganz unbeschädigt und unbeengt sind, und welche daher ihre Drehung nach wie vor ausführen.

Wir müssen uns nun allerdings die Drehung unserer Eisenatome etwas anders vorstellen, wie die Drehung der Holzkugeln, weil bei den Atomen eigentlich nur der Aether innerhalb des Dynamidenraumes molekülweise Locomotionen macht, so weit es der repulsive Bewegungsimpuls der Erdachsendrehung mit sich bringt, und so weit es die Attraktion des Eisenkernes gestattet, während unsere Holzkugeln sich als ganze Massen drehen; aber sonst und namentlich im schliesslichen Erfolge in Bezug auf die Lagerung der Schwerpunkte haben wir ganz analoge Verhältnisse.

Wenn wir einen Eisenstab oder einen Stahlstab in gewisser Weise streichen, reiben oder hämmern, verdichten sich die oberflächlichen Atome, ihre Centra rücken näher zusammen, und somit

verdichtet sich auch ihr Aether; die Oberflächen-Atome bleiben jetzt in einer bestimmten Stellung fixirt, weil der Aether nicht mehr so leicht mobil ist; sie verharren in einer ihnen gegebenen Schwerpunktslage; ihre Beweglichkeit, vermöge der sie den Schwerpunkt drehen, ist mehr weniger stark herabgesetzt.

Stahl ist zu dieser Procedur tauglicher, als Eisen, weil beim Stahle in den äusseren Schichten durch beigemischten Kohlenstoff die Atome lockerer geworden sind, und durch das nachträgliche Streichen viel leichter eine relativ grössere Verdichtung und Fixiruug in bestimmten Richtungen Platz greift. Auch beim Stahle ist übrigens wie bekannt die Fixirung keine absolute, nicht auflösbare, wie überhaupt im Auge behalten werden muss, dass nur von relativen Veränderungen hier die Rede sein kann, von Wirkung und Gegenwirkung, deren Schlussresultat nach der relativen Grösse von Wirkung und Gegenwirkung ausfällt. So ist ja die Dynamide an sich nur relativ genommen ein zusammenhängendes Ganzes, wobei wir uns nach der allgemein herrschenden Annahme vorstellen müssen, dass die Aetherkügelchen durch Attraktion an den Stoffkernen festgehalten werden, aber innerhalb gewisser Grenzen Bewegungen ausführen können, wenn ihnen Bewegungsimpulse zukommen. Die Bewegungsimpulse können so stark werden, dass ein Aethermolekel z. B. von der Dynamide ganz losgerissen wird, sie können aber innerhalb bedeutender Grenzen nur so stark sein, dass sie begrenzte Locomotionen des Aethermolekels herbeiführen, ohne es von der Dynamide ganz abzutrennen.

Um einen, wie es in der Natur der Sache liegt, nur ganz rohen, aber wie wir später des nähern uns überzeugen werden, nicht ganz unpassenden Vergleich zu machen, können wir aus einer Wasserfläche leicht einen Tropfen in verschiedener Richtung herausheben, ohne ihn abzureissen, wir können auch eine verschiedene Menge von Kraft anvenden, um den Tropfen hervorzuheben; und wenn wir ihn abreissen wollen, müssen wir die Kraft vermehren.

So lange also eine Dynamide in ihrer vollen Integrität bestehen bleibt, müssen wir uns vorstellen, dass die Bewegungsimpulse nur relativ so stark sind, um den einzelnen Aetherkügelchen darin begrenzte Bewegungen mitzutheilen. Erfolgen diese Bewegungen leicht, so sagen wir, der Aether in der Dynamide ist beweglich; erfolgen die Bewegungen sehr schwer, wie wir es bei den gehämmerten Oberflächenatomen eines Stahlstäbchens anzunehmen berechtigt sind, so sagen wir der Kürze halber, dass die Atome gleichsam in einer ihnen gegebenen Stellung fixirt sind.

Dies wollten wir ein für allemal bemerkt haben, um Missverständnissen vorzubeugen, und jetzt kehren wir zu unserem Stahlstäbchen zurück. Wir haben dasselbe nach unserer Vorstellung so hergerichtet, dass die oberflächlichen Atome bis zu einer gewissen Tiefe in einer bestimmten Weise ihren Schwerpunkt in gleichgerichteter, also gleichsinnig wirksamer Weise aus dem Mittelpunkt in die Nähe der Periferie verlegt haben; dass ferner die Atome bei gewöhnlichen äusseren Einwirkungen in diesem Zustande fix verharren. Jetzt wollen wir zusehen, wie sich die Gleichgewichtsverhältnisse unseres Stäbchens unter gewissen Umständen gestalten werden.

Bevor wir uns hierüber verständigen, wird es gut sein, uns bündige Bezeichnungen für die geänderten Schwerpunktslagen, und die damit einhergehenden Veränderungen in den örtlichen Atomregionen festzustellen.

So lange die Schwerpunkte der Atome in ihrem räumlichen Mittelpunkte liegen — so lange die Dynamiden concentrisch gebaut sind — können wir uns offenbar jede Region des Atomes gleichwerthig denken mit einer symmetrisch gelegenen Region an der entgegengesetzten Seite des Schwerpunktes und können sagen, das Atom sei nach aussen für alle Richtungen des Raumes gleichwerthig und gleich gelegen. Ist der ponderable Kern, der Schwerpunkt des Atomes aus der Mitte nach einer Seite gegen die Periferie gerückt, so ist a priori anzunehmen, dass sich das Atom jetzt nach verschiedenen Raumrichtungen verschieden verhalten werde. Um die verschiedenen Regionen des Atomes kurz zu bezeichnen, wollen wir etwa folgende Terminologie annehmen, welche — wie leicht einzusehen — an bereits oft gebrauchte termini anschliesst — mit dem wesentlichen Unterschied, dass wir jetzt unseren Terminis ganz bestimmte klare Vorstellungen unterlegen können.

Wenn wir von einer Dynamide uns vorstellen, dass ihr Schwerpunkt aus der räumlichen Mitte nach irgend einer Seite zur Periferie näher gerückt sei, heissen wir die Dynamide polarisirt. Der Einfachheit halber stellen wir uns vor, dass der Schwerpunkt des Atomes gleichsam an einen Pol desselben gerückt sei — wiewohl dieser äusserste Fall von Polarisation wahrscheinlich der seltenste ist; und der Schwerpunkt am häufigsten wohl Mittellagen zwischen dem Centrum und der Periferie einnimmt.

Die gerade Linie, längs welcher der Schwerpunkt sich verrückt, nennen wir die Polachse des Atomes, und geht daher die Polachse durch die Mitte des Schwerpunktes und durch die räumliche Mitte des ganzen Atomes (das Wort „Atom“ brauchen wir häufig, und wo nicht speziell ein anderer Sinn ausdrücklich erwähnt ist, immer anstatt des längeren und weniger geläufigen Wortes „Dynamide“). Den Endpunkt der Polachse an der Atomoberfläche, welcher dem Schwerpunkt näher liegt, nennen wir den Schwerpol, oder den Stoffpol, den entgegengesetzten bezeichnen wir als Aetherpol. Eine auf die Polachse senkrechte Ebene, welche durch den Raummittelpunkt geht, ist in herkömmlicher Sprachweise die Aequatorebene, und diese theilt das Atom in eine Stoffhälfte und in eine Aetherhälfte.

Haben wir nun in einem Stahlstabe alle seine oberflächlich gelagerten Atome so polarisirt, dass ihre Polachsen parallel liegen der Längenachse des Stabes, und sind die Oberflächenatome in dieser Schwerpunktslage fixirt, müssen wir uns vorstellen, dass diese Oberflächenatome alle ihre Schwerpole gegen ein Stabende und die Aetherpole gegen das andere Stabende kehren.

In einem solchen Stabe sind dann alle Atome nur dann gleichsinnig polarisirt, wenn der Stab mit dem Schwerpolende seiner Oberflächenatome gegen den nähern Erdpol gewendet ist, dann hängt der Stab auf der nähern Erdpolseite über, wenn er um eine Horizontalachse drehbar aufgehängt ist.

Ist ein solcher Stab um eine Vertikalachse drehbar, und situiren wir ihn so, dass seine fixirten Oberflächenatome ihren Schwerpunkt nach Osten liegend haben, sind die inneren leicht drehbaren Atome mit ihren Schwerpolen nach Norden (in unseren Gegenden) gekehrt. Der Stab hängt daher nach Norden vermöge der inneren, nach Osten vermöge der periferischen Atome und resultirend nach Nordosten über. Da die inneren Atome mehr und daher überwichtig sind, zieht das Uebergewicht den Stab nach Norden, d. h. wenn die Bewegungswiderstände nicht zu gross sind, wenn er auf einer kleinen Reibungsfläche leicht drehbar ist; er gleitet gleichsam über Nordost auf einer schiefen Ebene drehend nach Norden ab. (Die Drehbewegung wird später ausführlich auf ihre speciellen quantitativ ausgiebigeren Ursachen zurückgeführt.)

Gravitiren die fixen Oberflächenatome nach Westen, hängt also der Stab mit den Schwerpolen der Oberflächenatome nach Westen gewendet, gravitiren die Innenatome wieder nach Norden, sie ziehen so lange bis die Polachsen aller Atome wieder parallel zusammenfallen, d. i. bis der Schwerpol des Stabes als Resultirende aus den sämmtlichen Atomschwerpolen nach Norden zeigt.

Wenn wir unsern Stab um eine Vertikalaxe drehbar so aufhängen, dass seine oberflächlichen Schwerpole nach Süden gerichtet sind, sind an der Nordhälfte der Erde seine inneren Atome wieder nach Norden polarisirt; und man sollte denken, dass hier möglicher Weise Gleichgewicht eintreten könne, wenn alle Polachsen parallel liegen; doch ist dies bekanntlich nicht der Fall. Die veränderte Schwerpunktslage bringt Veränderungen der Beweglichkeit des Aethers in den Eisenatomen hervor, die wir später zum Gegenstand unserer ausführlichen näheren Betrachtung machen müssen, wenn wir uns die dynamischen Eigenschaften eines polarisirten Atomencomplexes klar machen wollen.

Es werden, wie wir später uns genauer überzeugen wollen, unter diesen Umständen vorwiegend oscillatorische Bewegungen im Aether der Oberflächenatome erzeugt, welche senkrecht zur Polachse, und nahezu senkrecht zur Stabachse sind. Diese oscillatorischen Bewegungen mischen in die von der Erde ausgehenden Bewegungsimpulse, neue in beiläufig rechten Winkeln zur Stabachse angreifende Bewegungsimpulse. Diese lassen einen ruhigen Gleichgewichtszustand nicht zuwege kommen, bis nicht der Schwerpunkt der Atommehrheit dem näheren Erdpole zugekehrt ist. Die oscillatorischen Bewegungen drehen den Stab aus der gemeinschaftlichen Polarisationsebene heraus, und dann geht die weitere Drehung nach dem Zug der überwiegenden Atommasse vor sich, bis der Schwerpunkt der meisten Atome, oder der resultirende Stabschwerpunkt die möglichst tiefe Stelle einnimmt, die er vermöge seiner Aufhängung erreichen kann.

Die oscillatorischen Schwingungen sind senkrecht stehend zur Polachse jedes einzelnen Atomes, und sie drehen den Stab, bis seine Längenachse thunlichst parallel ist der Resultirenden aus allen einzelnen Atom-Polachsen, id est bis der Stab die declinatorische und inclinatorische Stellung eingenommen hat, welche seiner geographischen Position entspricht; denn nur dann hat er die Bedingungen der thunlichsten

Ruhe, weil dann die bewegenden Impulse von allen Seiten relativ gleichwerthig von den Bewegungswiderständen aufgebraucht sind.

Dass quergerichtete Bewegungsimpulse auf einen drehbaren Stab zu Drehbewegungen führen auf rein mechanische Weise, wissen wir aus den Bewegungen, welche nach dem Principe der sogenannten Drehzwillinge zu Stande kommen. Wie hier drehende Impulse durch Querzug entstehen, so entstehen Drehimpulse durch quere oscillatorische Bewegungen in der drehbaren magnetischen Declinationsnadel.

Diese oscillatorischen Bewegungen sind so bedeutend, dass aufgehängte polarisirte Stäbchen sehr häufig in sichtbaren Schwingbewegungen sich befinden, wirkliche Ruhe und absoluter Gleichgewichtszustand sind fast nie, sondern meistens nur ein relativer Gleichgewichtszustand vorhanden.

Strenge genommen ist das Drehen des Stahlstabes um eine Vertikalachse schon eine Bewegungserscheinung, die nicht von der veränderten Schwerpunktslage seiner kleinsten Theilchen unmittelbar herrührt. Wir haben oben beispielsweise angenommen, dass der Stab, wenn seine Oberflächenatome nach Osten gravitiren und seine inneren Atome nach Norden, — er gleichsam auf einer schiefen Ebene über Nordost nach Norden abgleitend sich bewegt. Im Wesentlichen nun wird auch diese Drehbewegung schon zum grossen Theile von den oscillatorischen Bewegungen der oberflächlichen Aethertheilchen hervorgebracht, welche Bewegungen an sich allerdings von der veränderten Schwerpunktslage der Atome bedingt sind, und welche nach dem Principe von Drehzwillingen wirkend den Stab nach jener Seite hindrehen, nach welcher die Mehrheit seiner Atome gravitirt.

Diese Drehbewegungen sind es denn auch, welche die Compassnadel in der Aequatorialzone noch brauchbar machen, wiewohl die Schwerpunkte der inneren Atome hier senkrecht nach unten verrückt sind, und nur die verrückten Oberflächenatome nach dem einen Erdpol zeigen; und diese Drehbewegungen sind es auch, welche eine Compassnadel auf der Südhemisphäre wieder so drehen, dass der Schwerpunkt dem Zuge der inneren Atome gemäss nach dem südlichen Erdpol zeigt.

Die fraglichen Drehbewegungen fallen schon mit den überaus wichtigen Veränderungen zusammen, welche unser Stahlstab durch Polarisation seiner Atome in seiner Dynamik erleidet; und bevor wir uns eingehend damit beschäftigen, müssen wir noch eine Frage erledigen, welche mit der veränderten Statik des Stabes an und für sich innig zusammenhängt.

Nach unserer Vorstellung von der mechanischen Ursache der eigenthümlichen Schwerpunktslage eines so genannten magnetischen Stabes müssen zwischen der spezifischen Schwere des Eisenkerns in einem Atome, und zwischen der Dichtigkeit oder Beweglichkeit seiner Aetherhülle gerade so günstige Verhältnisse bestehen, dass ein Eisenatom unter dem Einflusse der Schwere einerseits, und der aus der Erdachsendrehung entspringenden Fliehkraft anderseits, ebenso leicht um seine mittlere Schwerpunktslage gebracht wird, wie eine mit Luft gefüllte Blase, in deren Innerem eine Bleikugel hängt, von einem Windhauche darum gebracht wird.

Wenn wir uns hiebei in herkömmlicher Weise vorstellen, dass der Attraktionsmittelpunkt der Erde genau in ihrem räumlichen Mittelpunkte liegt, dann lägen die beiden von der Erde ausgehenden Bewegungs-Impulse für das Ausweichen des Atomschwerpunktes immer und überall in einer Ebene mit der Erdachse, es müsste daher eine magnetische Deklinationsnadel immer genau im astronomischen Meridian bleiben, und eine Inklinationsnadel müsste im astronomischen Meridian des Beobachtungsortes die grösste Neigung zeigen, was bekanntlich gar nicht zutrifft. Die Erfahrung lehrt uns demmach, dass unsere Vorstellung von der mechanischen Ursache der statischen Eigenthümlichkeiten eines magnetischen Stabes mit einer andern allgemein angenommenen Vorstellung collidirt:

mit der Vorstellung, dass der Attraktionsmittelpunkt der Erde genau in ihrem räumlichen Mittelpunkte liegt.

Diese letztere Vorstellung können wir nun — so allgemein sie auch angenommen ist, durchaus nicht als erwiesen betrachten; und wenn wir uns geneigt fühlen anzunehmen, dass der Attraktionsmittelpunkt der Erde auch nur um die geringe Entfernung von kaum einer Bogenminute, etwa dem sechstausendsten Theil des Erdhalbmessers von dem Erdmittelpunkt und der Erdachse entfernt ist, so müssen wir dann zugeben, dass die Abweichung des Atomschwerpunktes in einer Richtung erfolgen muss, welche abhängt von dem Winkel, den der astronomische Meridian des Beobachtungsortes mit dem Meridian macht, welcher durch den Attraktionsmittelpunkt geht. Dieser Winkel kann aber begreiflicher Weise alle möglichen Werthe von 0 bis 180^0 annehmen.

Wir haben einigen Grund, die excentrischen oder polarisirten Atome eines Stahlstabes als ein sehr empfindliches Instrument anzusehen, um etwas über die Lage des Attraktionsmittelpunktes unserer Erde zu erfahren, doch wäre es ein geradezu unverzeihliches Verfangen, mit einer neuen Vorstellung, und zuliebe dieser neuen Vorstellung, eine alte zu bekämpfen; wir haben aber zum Glück andere Mittel, um darzuthun, dass der Attraktionsmittelpunkt id est der effektive Schwerpunkt unserer Erde nicht genau in ihrem Rotationsmittelpunkte liege.

Wir sehen nämlich an der Erdoberfläche, und so weit wir die Erde bis auf eine gewisse Tiefe kennen, Stoffe von ganz auffallend verschiedenem spezifischen Gewichte in gehäuften Massen regellos gruppirt. Dem thatsächlichen Augenschein entgegen hat die Vorstellung Platz gegriffen, dass im Ganzen die Massenbestandtheile der Erde vollkommen symmetrisch vertheilt seien. Diese Vorstellung kann sich, so viel ich zu übersehen vermag, nur auf zwei sehr einseitige Annahmen stützen.

Die eine Annahme ist eine kosmogonische. Sie setzt voraus, dass bei Erstarrung des einst dampfförmigen, später flüssigen Erdkörpers immer symmetrisch gelegene Kräfte die Massenvertheilung beeinflussten. Nun sind die bewegenden und attraktiven siderischen Einflüsse, welche bei Consolidirung des Erdkörpers wirken mochten, nicht symmetrisch; ja nicht einmal die Vorstellung ist statthaft, dass die siderischen Einflüsse cyklisch ihre Richtung ändern, und sich so ausgleichen; denn weil die wesentlichsten Wirkungen zur Zeit einer bedeutenden Mobilität der Massen erfolgten, können spätere Wirkungen

nicht gleichwerthig sein mit früheren, da bei fortschreitender Consolidirung die Mobilität abgenommen hatte.

Eine zweite einseitige Annahme, welche den Attraktionsmittelpunkt genau in den Rotationsmittelpunkt der Erde verlegt, fusst auf einer sehr häufig beliebten mathematischen Konstruktion. Die meisten Physiker konstruiren mathematisch die Erde aus unendlich vielen unendlich dünnen concentrischen Kugelschalen, von denen jede an sich in allen ihren Theilen gleich dicht ist; wenn dann auch von den verschiedenen Schalen jede für sich andere Dichtigkeit hat, bleibt der Schwerpunkt des ganzen Systems dennoch genau in dem räumlichen Mittelpunkt.

Ich glaube nun, dass es eben so statthaft ist, die mathematische Konstruktion dahin abzuändern, dass man unendlich viele unendlich dünne Scheibchen annimmt, oder unendlich viele unendlich kleine Pyramidchen, deren Basis an der Erdoberfläche und deren Spizte im Erdzentrum liegt. Da jedes Scheibchen oder jedes Pyramidchen seine eigene Dichte haben kann, ist dann der Mittelpunkt nicht nothwendig auch der Schwerpunkt.

Wenn uns demnach der geognostische oder geografische Augenschein lehrt, dass die Erde an verschiedenen Stellen verschieden dicht sei, und daher wahrscheinlich ihren Attraktionsmittelpunkt nicht genau im räumlichen Centrum habe, haben wir keinen stichhaltigen Grund diesem Augenschein entgegenzustellen, es wäre denn, dass wir uns auf die Verlässlichkeit unserer üblichen Instrumente, auf Schwerloth und Libelle stützen. Auch diese Stütze ist trügerisch, denn aus terrestrischen Beobachtungen können wir Unterschiede von einigen Bogensekunden auf distanten Erdpunkten nicht eruiren, und für astronomische Beobachtungen reduzirt sich der mögliche Unterschied auf sehr kleine Bruchtheile von Winkelsekunden, und ist demnach auch bei den weitaus meisten Beobachtungen ausserhalb der Grenzen absolut genauer Controlle; für Fixsternbeobachtungen liegen die möglichen Differenzen geradezu jenseits der Grenzen der Wahrnehmbarkeit.

Es ist leicht einzusehen, dass bei dieser Sachlage auch der resultirende Attraktionsmittelpunkt nicht nothwendig für alle Punkte der Erdoberfläche genau in einem einzigen Punkt zusammenfallen müsse; sondern dass in Ansehung der verschiedenen Dichtigkeit der verschiedenen oberflächlichen Erdregionen der resultirende Attraktionsmittelpunkt in Beziehung auf distante Oberflächenpunkte leichte Verschiebungen erleiden könne.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich weiters, dass eben der sogenannte magnetische Meridian allenfalls mit einem einzigen relativ mit zwei astronomischen Theilmeridianen zusammenfallen müsse, und dass die magnetischen Meridiane mit den astronomischen gar nicht symmetrisch zu liegen brauchen.

Auch die zeitlichen Schwankungen sowohl der Inclination und Deklination, als auch der Intensität des sogenannten Erdmagnetismus können wir auf bekannte, gewöhnliche Bewegungsphänomene zurückführen u. zw. ist

wie ziemlich allgemein angenommen wird, ein grosser Theil des Erdinnern in flüssigem, theils sogar in elastisch-flüssigem (dampfförmigem) Zustande. Da diese flüssigen und nicht überall gleich

dichten Massen bei der Erdachsendrehung wahrscheinlich retardiren, muss die Lage des resultirenden Attraktionsmittelpunktes für je einen Erdoberflächenpunkt Schwankungen unterliegen.

Dass etwas Aehnliches im Erdinnern vorgehen mag, ist eine Annahme, auf die unter Anderem ein bekannter, hochachtbarer und viel verdienter Physiker vor einigen Jahren direkt die ganze Erscheinung des Erdmagnetismus beziehen wollte. Er stellte sich vor, dass die ost-westlichen inneren Gegenströmungen durch Reibung gleichsam elektrische Strömungen erzeugen, welche Ströme aus der Erde einen nord-südlich liegenden Magnet machen.

Weitere Schwankungen in Richtung der Schwerpunktlage werden durch die Stellung der anderen Weltkörper, vorzüglich von Sonne und Mond herbeigeführt werden können, indem sie die Stärke der Erdattraktion alteriren. Endlich muss die Sonne durch Wärmeabgabe auf die Ausdehnung der Atome und die Beweglichkeit des Aethers wirken, daher merklichen Einfluss auf die Schwerpunktsausweichung üben.

Fasse ich alles bisher Gesagte zusammen, so glaube ich, dass meine freundlichen Leser mit mir geneigt sein werden zu der Annahme, es lassen sich wichtige Veränderungen der Gleichgewichsverhältnisse eines, wie man sagt magnetisirten Stabes aus einfachen bekannten Bewegungsimpulsen herleiten, wie sie auf der Erde gegeben sind.

Dies gilt, wie gesagt, zunächst für die Veränderungen in der Statik eines Stahlstabes; jedoch haben wir schon bei den Drehbewegungen der Deklinationsnadel von dynamischen Erscheinungen anticipando gesprochen — auch die inclinatorische Drehung einer Nadel ist schon eine Bewegung, zu deren Herbeiführen die veränderte Schwerpunktslage der Atome a n s i c h quantitativ ungenügend ist — und es wird uns jetzt die Aufgabe beschäftigen müssen, nachzusehen, ob sich mit der gegebenen Schwerpunktsänderung nicht nothwendig innere Veränderungen im Atome etablirt haben — Veränderungen in der Beweglichkeit der letzten Bestandtheile eines zusammengehörigen Eisenatomes, welche so ganz absonderliche Bewegungserscheinungen hervorbringen, wie wir sie an polarisirten (wie wir sie nennen) Atomencomplexen wahrzunehmen gewohnt sind.

Betrachten wir das Verhältniss, in welchem ein central gelegener ponderabler Dynamidenkern auf die Aetherkügelchen seiner nächsten Umgebung wirken kann, und vergleichen wir es mit den geänderten Verhältnissen, die seine relative räumliche Lageänderung möglicherweise hervorbringen kann.

Dass sogenannter ponderabler Stoff und Aether mit einander in Wechselwirkung stehen ist gewiss; dass die Wechselwirkung wesentlich attraktiv sei, wird jetzt von den meisten Physikern angenommen, und ist speciell von Fizeau und von Arago, wie ich glaube, in präciser Weise ausgesprochen worden.

Wenn wir also ein Aetherkügelchen ins Auge fassen, das im Wirkungsgebiete eines Stoffkügelchens ist, so können wir es als vermöge Attraktion daran hängendes Körperchen betrachten. Es kann das Aethermolekül durch Ueberwiegen von äusseren Bewegungsimpulsen vom Stoffmoleküle entfernt, oder beim Abnehmen von äusseren Impulsen, ja auch selbst unter Beihilfe von äusseren Impulsen dem Stoffatome

genähert werden — aber, so lange die entgegengesetzten Impulse im Gleichgewichte sind, so lange ein Aetheratom in bestimmter Entfernung von einem Stoffatome in Ruhelage gedacht wird, können wir es vergleichen mit einem Pendelchen, das in bestimmter Entfernung von seinem Aufhängepunkte in Ruhe gedacht wird. Alle Bewegungsimpulse, so lange sie einen gewissen Stärkegrad nicht überschreiten, werden zunächst mit ihren tangential gerichteten Componenten unser Aethermolekel in Schwingungen versetzen, deren Form und Grösse wir nach der Art von Pendelschwingungen uns vorstellen und klar machen können.

Verdeutlichen wir uns zunächst Form und Grösse der Beweglichkeit, wie sie den Aetheratomen zukommen können, so lange sie symmetrisch um einen ponderablen Kern situirt sind.

In *Fig. 3* sei P ein Eisenatom, und rings herum sehen wir vier Aetheratome in gleicher Entfernung symmetrisch daran hängen. Was wir von diesen vier Aetherkügelchen A, B, C und D annehmen, gilt natürlich für alle rings um P symmetrisch situirte Aetherkügelchen, weil wir dieselbe Betrachtung auf alle Hauptschnittsebenen und für alle Entfernungen innerhalb der Dynamide giltig anwenden können. Wenn ein Bewegungsimpuls parallel mit der Achse CD auf die Aetheratome wirkt, werden die Pendelchen A und B das Maximum, C und D das Minimum ihrer Schwingungsamplitude erlangen können, und wenn ein Impuls auf alle vier Pendelchen gleich wirken soll, muss er offenbar eine Richtung haben, die um 45^0 gegen beide Aufhängeachsen geneigt ist. In dem ersten Falle liegt Minimum und Maximum der möglichen Schwingungsgrenzen bei 0^0 und 90^0 Winkelöffnung nach jeder Seite, und im zweiten Falle ist die gleiche Möglichkeit für alle vier Atome gegeben, die mittlere Grösse der thunlichsten Ausweichung von 45^0 nach jeder Seite zu erlangen. Für die mittlere Beweglichkeit der Aethermoleküle in einer centrischen Dynamide geben uns die trigonometrischen Funktionen des Winkels von 45^0 ein Bild. In der Schwingungsebene ist die mittlere Entfernung von der Ruhelage für jedes Aetherkügelchen nach der einen Richtung gleich dem Sinus, nach der andern darauf senkrechten Richtung gleich dem Sinus versus von 45^0; und da für 45^0 Winkelöffnung Sinus und Cosinus, und also auch Sinus versus gleich gross sind, können wir sagen, in unserer Dynamide, so lange wir sie centrisch angeordnet denken, sind die Pendelbewegungen nach allen Seiten des Raumes gleich gross, und wenn wir die unter bestimmten Einwirkungen möglicherweise ausführbaren Bewegungen als Massstab der Beweglichkeit auffassen, ist die Beweglichkeit des Aethers nach allen Richtungen des Raumes gleich gross.

Um später veränderte Zustände messend vergleichen zu können, fixiren wir uns ziffermässig die Grösse der Beweglichkeit für unsere Aetheratome in der centrischen Dynamide. Wenn wir mit r den Abstand eines Aetherkügelchens von P bezeichnen, so ist: r sin. 45^0 die Grösse der Beweglichkeit in einer Richtung und r sin. vers. 45^0 die in der andern Richtung; die Beweglichkeit nach beiden Achsen in der Schwingungsebene beträgt für je eine Seite von der Ruhelage in Ziffern ausgedrückt $0.707\ r$.

Denken wir uns jetzt das Atom polarisirt, also den Aufhängepunkt P z. B. nach C. gerückt. S. *Fig. 4.* Jetzt wird das Aether-

molekel C gar nicht schwingen können, denn r ist $= 0$ geworden; für A, B und D sehen wir, dass statt des Mittelpunktwinkels der Umfangswinkel unser Mas stab ist; wir müssen statt 45^0 jetzt $\frac{45^0}{2} = 22{,}5^0$ Winkelöffnung und statt r müssen wir $2r$ setzen.

Das Zifferbild der Beweglichkeit unserer Aetherkügelchen gestaltet sich demnach in dem polarisirten Atome folgendermassen:

an dem Schwerpole ist es gleich null, weil $CP = r = 0$ ist; für die Aethertheilchen A, B und D, die im Aequator und jenseits desselben in der Aetherhälfte liegen, ist die mittlere Beweglichkeit gleich $2r \sin 22{,}5^0 = 0{,}765\, r$ für das Ausweichen paralell dem Aequator und $2r$ sin. vers. $22{,}5^0 = 0{,}153\, r$ für das Ausweichen in Richtung der Polachse.

Die Grenzen für das mittlere mögliche Ausweichen vom Ruhepunkte sind für die letzteren drei Aethertheilchen weiter geworden für die zum Aequator parallele Richtung, nach dieser Richtung hat also die Beweglichkeit der Aetherkügelchen zugenommen, und für die der Polachse parallele Richtung hat die Beweglichkeit des Aethers sehr bedeutend abgenommen.

Uebertragen wir das auf alle Aetherkügelchen in dem polarisirten Atome, so können wir sagen: in der Stoffhälfte ist die Beweglichkeit des Aethers eine minimale geworden und der Einfachheit wegen können wir die Beweglichkeit des Aethers in der Stoffhälfte gleich null setzen; in der Aetherhälfte haben wir Aetherkügelchen, welche ausgiebig schwingen in den zu dem Aequator parallelen Ebenen und in sehr unausgiebiger Weise ausweichen können nach Richtungen, welche mit der Polachse parallel sind. Wenn ich die von den Aetherkügelchen als Pendeln ausgeführten Bewegungen wieder zum Massstab ihrer Beweglichkeit nehme, kann ich demnach mit vollem Rechte sagen:

in der Aetherhälfte ist der Aether sehr beweglich in Ebenen, die parallel zum Aequator liegen, und ist sehr wenig beweglich in Ebenen, die parallel zur Polachse liegen.

Denken wir nun an die Oberflächenatome unseres Stahlstäbchens; sie sind alle gleichsinnig fix polarisirt, und liegen angrenzend an Nachbaratome der Luft, deren Dichtigkeit, speciell deren Aetherdichtigkeit (nach Allem, was wir aus der Optik über Aetherdichte wissen) viel geringer ist, als ihre eigene.

Wenn jetzt die weniger dichten Aetheratome der angrenzenden Luft auf irgend eine Weise in Schwingungen gerathen, so werden sie als weniger dicht gelagerte in bedeutenden Amplituden schwingende Körperchen, in den dichter gelagerten Aether-Körperchen der oberflächlichen Eisenatome thunlichst starke Bewegungen hervorbringen; wir können dies theoretisch ebenso leicht ableiten, als wir speciell dafür genaue Zahlenwerthe aus Versuchen von Melloni empirisch kennen.

Denken wir uns ein Aetherkügelchen schwingend mit der Anfangsgeschwindigkeit a und der Amplitude r, und es soll zwischen zwei anderen Aetherkugeln durchschwingen, deren Entfernung von einander $= 2r$ ist. Das schwingende Molekel wird gerade jedes der beiden ruhenden erreichen, aber mit der Geschwindigkeit: $a \cos 90^0 = 0$ und es wird den ruhenden Atomen gar keine Geschwindigkeit und keine Bewegung mittheilen können. Sind aber die zwei ruhenden

Atome dichter, id est näher zu einander gelagert, z. B. nur um die Linie r von einander entfernt, so kommt unser mittendurch schwingendes Kügelchen mit der Geschwindigkeit: $a \cos 45^0 = 0{,}707a$ bei einem ruhenden Molekel an, und überträgt diese Geschwindigkeit auf die ruhende Aetherkugel; da bei der grossen Elasticität, die man dem Aether zuschreibt, von der lebendigen Kraft durch den Stoss fast nichts verloren geht, hat die Bewegung dadurch an Chancen gewonnen, sich auszubreiten; denn das erst schwingende Kügelchen hat zwar seine ganze momentane Geschwindigkeit an das ruhende übertragen; aber es fällt ja nach Verlust seiner Geschwindigkeit in die Ruhelage zurück, und kömmt hier mit der Fallgeschwindigkeit $0{,}707a$ wieder an, so dass es eigentlich nur $0{,}293a$ Geschwindigkeit eingebüsst hat, während das zweitbewegte Kügelchen $0{,}707a$ von ihm erhielt.

Im Allgemeinen können wir uns vorstellen, das diese vermehrten Aetherbewegungen an Ort und Stelle als Wärme zur Erscheinung kommen; die vermehrten Aetherbewegungen übertragen sich zum Theil auf die ponderablen Molekeln, und reissen sie zu Mitbewegungen fort; die Aetherbewegungen werden „absorbirt“, eigentlich aber verwendet zu Bewegung der Ponderabilien. Es wird dadurch an der Grenzfläche verschieden dichter Medien, speciell an der Oberfläche dichter Medien gleichsam ein neuer Heerd, ein Bewegungsmittelpunkt (Tyndall) geschaffen, von dem aus sich neue Bewegungsimpulse nach allen Richtungen des Raumes ausbreiten.

Dass dieser Vorgang wirklich in ganz ausgezeichneter Weise nur an der Grenzfläche verschieden dichter Medien, und zumeist in den oberflächlichen Schichten der dichteren Medien stattfindet, wissen wir aus Versuchen von Delaroche und Melloni, von welchen Tyndall in seinen anziehenden Vorträgen über die Wärme *) erzählt:

„Bei einer Glasplatte z. B. werden $17^1/_2$ Prozent der von einer Lampe ausgestralten Wärme im ersten Fünftel eines Millimeters absorbirt; während, nachdem die Stralen durch 6 Millimet. der Substanz gegangen sind, eine folgende Schichte von 2 Millimet. Dicke weniger als 2 Prozent von den so durchgelassenen Stralen absorbirt.“

Natürlich! hier sind schon die Aetherschwingungen proportional der Aetherdichte mit geringeren Schwingungsamplituden angelangt, und können in ihrer Umgebung (in Ebenen, welche senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung sind) nicht viel Geschwindigkeit abgeben.

Wenden wir diese Erfahrung auf unsern Fall an!

Die Oberfläche des Stäbchens erhält lebhafte Impulse von Aetherbewegungen, und gibt Bewegungsimpulse an die angrenzenden Luftschichten zurück. So lange die Eisenatome concentrisch sind, werden die hier herrschenden Bewegungen der Grösse und Richtung nach wesentlich von den ursprünglichen äusseren Bewegungen abhängen. Auch für die Bewegungen, welche die dichten Eisenatome selbst durch Attraktion auf die lockeren umgebenden Aetheratome hervorrufen, werden die Schwingungsrichtungen nach allen Seiten des Raumes wesentlich

---

*) Die Wärme betrachtet als eine Art von Bewegung von John Tyndall. Deutsch von Helmholtz und Wiedemann. Braunschweig 1867. S. 400.

gleich sein. Anders wird sich unser Stahlstäbchen verhalten, wenn seine Atome gleichsinnig polarisirt sind.

Bei einem polarisirten Atome liegt an einer Seite der ponderable Stoff nahe der Oberfläche; der ponderable Stoff wird stärker attraktiv auf die umliegenden lockeren Aetheratome wirken, als wie in einem centrirten Atome; der ponderable Stoff selbst liegt aber nicht ganz bloss zu Tage, sondern ist von einer dichten, wenn auch wenig dicken Aetherlage umpanzert, und so wie ein Federball durch seine Schwere zwar zur Erde fällt, aber vermöge seiner Elasticität wieder abprallt, gerade so werden die anfliegenden Aetherkügelchen anfliegen und abprallen: sie werden wesentlich schwingen in Richtungen, die mit den Radien der ganzen Atomkugel parallel sind; das ist in der Stoffhälfte. In der Aetherhälfte unseres polarisirten Atomes aber entstehen Schwingungen von wesentlich anderer Richtung; hier schwingen die Aetherkügelchen vorzugsweise und leicht nur in aequatorialen Ebenen oder in Ebenen die parallel zum Aequator sind; wenn die Aetherhälfte Schwingungen an die Luft zurückgiebt, haben diese überwiegend eine ganz bestimmte, nicht blos von den einfallenden Bewegungen abhängige Richtung. Mit einem Wort, unser polarisirtes Atom übt in seiner Aetherhälfte auf die umgebenden Schwingungen wesentlich eine r i c h t e n d e W i r k u n g aus. Die reflektorische Abgabe von Bewegungsimpulsen an der Grenzfläche dichter polarisirter Atomencomplexe wird demnach einerseits verstärkt durch die oberflächliche Lagerung des Stoffkernes, und anderseits dadurch, dass alle Bewegungsimpulse von verschiedenen Richtungen in eine einzige geleitet: conzentrirt werden.

Bei einem einzelnen Atome wird der Erfolg freilich wenig bemerkbar sein; höchstens wird der leichter bewegliche Aether um den schwerer beweglichen schwingen, und so das ganze Atom gleichsam um eine excentrisch (in seinem Schwerpunkte) liegende Achse rotiren, und schliesslich depolarisirt werden, wenn nämlich die Aethertheilchen beider Hälften ihre Bewegungen austauschen, und endlich ihre Dichten oder Lageverschiedenheiten ausgleichen.

Bei unserem polarisirten Stahlstabe haben wir aber nicht ein einzelnes Atom, sondern eine grosse Anzahl nebeneinander liegender Atome, die wenigstens an der Oberfläche alle gleich und fix polarisirt sind. Wir haben demnach am Schwerpolende eine relativ grosse Grenzfläche, wo ausschliesslich nur Schwerpole zu Tage liegen, und — im Verhältniss zu den fraglichen Schwingungsamplituden weit entfernt davon — eine andere Grenzfläche, wo ausschliesslich nur Aetherpole zu Tage liegen.

Das Stoffende des Stabes, oder die Grenzfläche der Schwerpole können wir betrachten als ein kleines Oberflächen-Stück einer grossen Kugel, an welcher wesentlich radiär gerichtete Schwingungen propagirt werden; das Aetherende des Stabes, oder die Grenzfläche der Aetherpole können wir betrachten als ein kleines Oberflächenstück einer grossen Kugel, welche wesentlich dem Aequator paralell gerichtete Schwingungen erzeugt und aussendet.

Legen wir nun zwei solcher Stäbchen nahe zusammen mit ihrer Längsachse in einer Linie, und Schwerpol gegen Schwerpol gewendet, s. *Fig. 5;* beide Stäbchen senden Aetherschwingungen aus, welche

vermöge ihrer Schwingungs- und Fortpflanzungsrichtung als longitudinale angesehen werden müssen; die beiden Stäbchen werden sich gegenseitig gleichsam mit Aetherkügelchen bombardiren, und wenn die Bewegungswiderstände nicht zu gross sind, werden sie schliesslich selber divergirenden Bewegungen verfallen; sie werden sich einander „abstossen."

Legen wir die Stäbchen mit ihren Aetherpolen gegeneinander gewendet. S. *Fig. 6.*

Hier gehen von der Endfläche Schwingungen aus, welche in Bezug auf die einzelnen Atome paralell ihrem Aequator, und in Bezug auf den ganzen Stab senkrecht zu seiner Längsachse sind, und welche Schwingungen sich in Richtung der Kugelradien, daher senkrecht zur Schwingungsebene ausbreiten. Mit anderen Worten, es gehen als von einem Bewegungszentrum Tranversalschwingungen aus. Die schwingenden Aethertheilchen eines Stäbchens kommen an die Grenzfläche des zweiten Stäbchens, werden (reflektorisch) abgestossen — und stossen ab, da ja Stoss ohne Gegenstoss nicht denkbar ist. Sind die Bewegungswiderstände nicht zu gross, so werden wieder beide Stäbchen in divergente Bewegungen kommen, sie werden sich also wieder einander abstossen.

Jetzt betrachten wir den dritten möglichen Fall!

Wir kehren die Stoffpol-Endfläche eines Stäbchens gegen die Aetherpol-Endfläche eines zweiten Stäbchens. S. *Fig. 7.*

Hier stossen zwei schwingende Aethermassen aufeinander, deren Schwingungsrichtung wesentlich rechte Winkel miteinander machen. Den Erfolg davon kennen wir zum Theil aus der Optik.

Wenn von zwei Seiten schwingende Aethermassen in einer Ebene sich begegnen, die in rechtwinkelig zu einander gestellten Schwingungsrichtungen pendelnd fortschreiten, vereinigen sich beide Massen und beide Bewegungsrichtungen zu einer resultirenden. Die resultirende Schwingungsrichtung ist schief gestellt zu beiden erregenden Schwingungsrichtungen. Da beide schwingenden Aethermassen sich zu einer einzigen vereinen, wird der Aether im Allgemeinen verdichtet, und die Bewegung beschleunigt werden.

Die so entstehende resultirende Bewegung zweier vereinigt schwingender Aethermassen bezeichnet man am besten, wie es in der Optik geschieht, als elliptiforme Schwingung. Die resultirende Schwingungsform entspricht bekanntlich in der That immer mit der Linie, welche jedes einzelne Aetherkügelchen beschreibt, allen Forderungen der Ellipse, wenn wir uns denken, dass das Achsenkreuz einer Ellipse um 45^0 schief zu den zwei ursprünglichen Schwingungsrichtungen gestellt ist; nur ist je nach Intensität und Schwingungsphase der beiden cooperirenden Bewegungen bald die eine Ellipsenachse gross und die andere bis zum Nullwerthe verschwindend klein, wobei natürlich jede der beiden verschieden grossen Achsen die zwei in der Ebene möglichen Stellungen haben kann. In dem einen Grenzfall — der unendlichen Kleinheit einer Ellipsenachse — haben wir schiefe lineare Schwingungen, und ein anderes Mal kann auch der andere Grenzfall eintreten, dass beide Ellipsenachsen gleich gross sind, dann erscheint die spezielle Ellipsenform, die man gemeinhin und kurzweg als Kreis zu bezeichnen pflegt.

Vergegenwärtigen wir uns die vereinigte, verdichtete Aethermasse inmitten zwischen unseren zwei in gleichsinniger Richtung polarisirten Stäbchen. Sie ist in schief gestellten elliptischen Schwingungen begriffen, s. *Fig. 8a;* wir bemerken vor Allem, dass die Stösse der bewegten Aetherkügelchen nicht gegen die Endflächen der Stäbchen gerichtet sind, sondern dass sie ausschliesslich oder mindestens weit überwiegend in allen vier möglichen Richtungen immer schief daran vorbeigehen.

Die Mittelpunkte der Ellipsen liegen alle in der Ebene, wo die beiden Wellensysteme zusammenstossen; diese Berührungsebene können wir ansehen als in unserer Zeichnung senkrecht stehend zur Papierebene und senkrecht stehend zur Längenachse beider Stäbe. Die gemeinschaftliche Ebene, welche durch die Mittelpunkte aller Ellipsenflächen geht, steht also parallel den Endflächen der Stäbe, und wenn wir den Raum betrachten, den diese Ebene ausfüllt, müssen wir noch die Höhe des ganzen Raumes in Betracht ziehen, welchen die einzelnen schiefgestellten Ellipsen ausfüllen in einer Richtung, die parallel zur gemeinschaftlichen Stabachse, und senkrecht zur gemeinschaftlichen Berührungsfläche aller Ellipsen ist. Die Höhe dieser prismatischen Raumfigur ist gleich dem Sinus eines Winkels von 45^0., dessen Radius oder dessen Schenkeleinheit gleich ist der Amplitude einer einzelnen Aetherschwinguug; diese Länge ist so klein im Verhältniss zu allen unseren messbaren linearen Grössen, dass wir die resultirenden elliptiformen Aetherschwingungen betrachten können als in einer mathematischen Ebene liegend, welche parallel ist den beiden Stab-Endflächen — und ihre Stosswirkung können wir betrachten als parallel zwischen den Stäben in's Leere gehend, weil sie höchstens die von beiden Seiten andrängenden Aethermassen trifft, und nie die Stäbchen, so dass wir sagen können, die Stösse der schiefen Schwingungen sind gar nicht gegen die Stäbchen gerichtet. Nun wird allgemein angenommen, dass die Körperatome auf die Aetheratome attrahirend wirken, der Zug kann aber nur als gegenseitiger gedacht werden. Es findet hier ein Zug statt, der von den beiden Stab-Enden ausgehend gegen den in ihrem Zwischenraum befindlichen Aether gerichtet ist. Entweder muss sich der Aether den Stab-Enden nähern, oder nähern sich die Stab-Enden dem Aether, und wenn die Bewegungswiederstände nicht zu gross sind, sehen wir, dass die beiden Stäbchen convergent bewegt werden, und wir sagen: die beiden Stäbchen ziehen sich an.

Nicht die Stäbchen ziehen sich an in diesem Falle; denn die gegenseitige Attraktion der ponderablen Moleküle ist auf messbare Entfernungen gewöhnlich viel zu klein, um Massenbewegung hervorzubringen ausserhalb der Schwerlothlinie oder gegen die Schwerlothrichtung. Hier sehen wir in den rasch schwingenden Aetherkügelchen eine Summe von lebendiger Kraft repräsentirt, welche bald abstossend bald anziehend wirkt. Wie ja ein Hammer in meiner Hand mir bald dazu dienen kann, einen Nagel in die Wand hineinzuschlagen, und bald wieder, um einen Nagel aus der Wand herauszuschlagen. Und wie ich für den Hammer die lebendige Kraft nicht sowol durch Vergrösserung seiner Masse bedeutend vermehren kann, sondern sie gemeinhin durch die Raschheit der Bewegung vermehre, mit der ich ihn aufschlage, so kann in den Aethermolekeln die Grösse ihrer Wir-

kung gesteigert werden durch die Raschheit der Bewegungen, in die sie leicht versetzt werden.

Wir werden später uns klar zu machen suchen, warum die Aetherkügelchen so rasch schwingen können; für jetzt bedenken wir nur, dass wir empirisch an Aetherschwingungen Geschwindigkeiten kennen, welche in der Zeiteinheit ungefähr 10,000 mal so weit Bewegungsimpulse fortleiten, als ponderable Moleküle in derselben Zeiteinheit Weg zurücklegen; und da wir annehmen können, dass die Bewegungsfortpflanzung im Aether, wie immer sie geschieht, auch nur Folge sein kann der Geschwindigkeit, welche jedes einzelne Atom erlangt, so können wir sagen, dass die Aethergeschwindigkeit zur grössten bekannten Geschwindigkeit ponderabler Masse auf der Erde (der Bewegung des Erdkörpers selber) sich wie 10,000 : 1 verhält.

Erinnern wir uns zugleich, dass die lebendige Kraft, welche eine bewegte Masse repräsentirt, proportional ist dem Quadrate seiner Geschwindigkeit, so sehen wir ein, dass ein Aetherkügelchen beiläufig so viel lebendige Kraft darstellen kann, wie ein ponderables Molekül, welches 100.000,000 mal so viel Masse hat.

In der That kennen wir aus Versuchen von Faraday verschiedene Arten sehr bemerkenswerther Kraftäusserungen von so bewegten dichten Aethermassen, wie wir sie uns zwischen entgegengesetzten Polen zweier polarisirten Eisenmassen denken müssen.

Faraday fand erstens, dass in einem von ihm sogenannten schweren Glase (kieselborsaurem Bleioxyde) die Schwingungsrichtung eines durchgeschickten linear polarisirten Lichtstrales gedreht wird, wenn er das Glas gleichsam zwischen zwei Magnete einschaltete. Die Beschreibung des Versuches unterlasse ich, da derselbe den meisten meiner freundlichen Leser bekannt ist, oder leicht in einem sehr verbreiteten Buche nachgesehen werden kann. (Joh. Müller's Lehrb. der Physik und Meteorologie, 7. Aufl. 2. Bd. S. 574.)

Hier wird also den aus einem Nicol'schen Prisma kommenden, in bestimmter Richtung schwingenden Aethertheilchen der linear polarisirten Lichtstralen durch die in anderen Richtungen schwingenden, von dem polarisirten Eisen bewegten Aethertheilchen eine andere resultirende Richtung mitgetheilt, und zwar mit einer Schwingungs-Amplitude, welche gross genug ist, damit ihre Projection auf die äquatoriale Fläche des Magnetes, und auf die Fläche des damit parallelen Nicol's jenseits des Zerlegungsprisma's als Licht erscheint, während ohne magnetische Zwischenkunft wegen Kreuzung der beiden Prismen daselbst Dunkel herrschte.

Hier erscheint die lebendige Kraft des bewegten Aethers offenbar in Form von Licht.

Ein zweitesmal zieht Faraday eine rechtwinkelige Kupferplatte quer durch die zwischen zwei ungleichnamigen Polen palarisirter Eisenstäbe befindliche Luft, und diese setzt den Bewegungen der Kupferplatte einen ganz auffallenden Reibungswiderstand entgegen — hier haben wir lebendige Kraft in Reibung umgesetzt.

Ein drittes Mal sah Faraday namhafte Wärmemengen zwischen den ungleichnamigen Polen von Magneten entstehen; er deutet indess seine Versuche so, dass er sie mit elektrischen Erscheinungen in

Verbindung bringt. Wir werden zwar bald sehen, dass das im Grunde genommen alles auf eins hinauskömmt, dass die elektrischen Erscheinungen ganz nnter dieselben mechanischen Gesichtspunkte kommen wie die magnetischen; dennoch habe ich versucht, einen weniger complicirten Fall herzustellen, und habe einfach ein empfindliches Thermometer zwischen die Pole eines kleinen Hufeisenmagnetes und zwischen ein Stück weichen Eisens eingeschaltet; auch diese einfache Combination zeigt deutlich ein rasches Ansteigeu des Quecksilbers im Messinstrumente um 1—2 Zehntel eines Centesimalgrades; später, wenn man das Thermometer und die Wärme erzeugenden Eisenstücke in Ruhe lässt, gibt das Thermometer seine überschüssige Wärme grösstentheils wieder ab; wenn man aber ein zweites Instrument in der Nähe zu genauen Vergleichen hat, sieht man immer einen merklichen Unterschied an ihrem Stande.

Hier haben wir schliesslich lebendige Kraft als Wärme.

Warum sollten wir Anstand nehmen, die klaren Grundsätze der Bewegungslehre auf die dynamischen Wirkungen eines polarisirten Eisenstabes anznwenden, nachdem sie mit so vielem Glück und glänzendem Erfolg anf die Licht- und Wärmelehre angewendet werden?

Erinnern wir uns wieder an die resultirenden componirten Aetherschwingungen zwischen den beiden Stäben. Sie liegen in einer idealen zu den Stab-Endflächen parallelen Ebene, und ihre Stösse verlaufen innerhalb dieser Ebene. Denken wir uns jetzt den in dieser Ebene schwingenden Aether attrahirend wirken auf die beiden Stabenden. Die Wirkung können wir uns veranschaulichen durch ein Bild: wenn wir die zwei Eisenstäbe durch eine ausgedehnte elastische Bandmasse verbunden hätten, und würden auf die elastische Bandmasse einen Zug ausüben nach zwei entgegengesetzten Richtungen in einer zur gemeinschaftlichen Stabachse senkrechten Linie, so müssten die beiden Stäbe einander näher rücken. Genau so zieht die mit einer Componente senkrecht zur Stabachse, in einer unendlich dünnen, zu den Stab-Endflächen parallelen Ebene schwingende Aethermasse an den beiden Stäben; sie zieht beide nähernd zu ihrer gemeinschaftlichen Mittelpunktsebene durch Zug, der eigentlich senkrecht zu den Stabachsen wirkt. S. die schematische Zeichnung *Fig. 8 b* (Pendant zu *Fig. 8 a.*)

Wir können uns demnach vorstellen: zwischen den ungleichnamigen Polen zweier Magnetstäbe befindet sich eine in Ansehung zur Längenachse der Stäbe ruhende, (in stehenden Schwingungen begriffene) Aethermasse, welche die beiden Stäbe attraktiv bewegt, und die lebendige Kraft, oder die Attraktionscapacität dieser Aethermasse muss in irgend einem positiven (gleichsinnigen) Verhältnisse abhängen von ihrer Quantität, und von ihrer Schwingungsgeschwindigkeit.

Wir sehen, dass wir es bei den so auffallend scheinenden Bewegungen, welche zwei polarisirte Stäbe in einander hervorrufeu, das einemal mit stossenden Bewegungsimpulsen zu thun haben, die von schwingenden Aetherkugeln vermittelt werden, und das anderemal mit ziehenden Bewegungsimpulsen, die qualitativ ganz als einfache Attraktionserscheinungen sich auffassen lassen, bei denen wir nur noch um die Erforschung der quantitativen Verhältnisse uns bemühen wollen.

Vorläufig bitte ich Sie indessen, Ihre Aufmerksamkeit auf folgende Erscheinung zu lenken.

Wir nehmen ein kleines Slück Stahldraht und polarisiren seine Oberflächenatome längs der Längenachse durch Streichen, Reiben oder Schlagen, bis wir annehmen können, dass die Oberflächenatome in dieser Polarisationsstellung fixirt sind. Wir hängen unsere so präparirte kleine Nadel an einem ungedrehten Seidenfaden in ihrer Längsmitte auf, dass ihre ganze Länge in der Ebene des magnetischen Meridians hängt. Wenn wir jetzt einem ihrer Enden einen polarisirten Stab, in derselben Meridianebene, mit dem ungleichnamigen Ende auf wenige Millimeter nähern, wird die kleine Nadel angezogen, und sie nähert sich dem Stabe bis zur Berührung, ohne ihre Richtung in der Meridianebene zu verlassen. Nähern wir aber der kleinen Nadel einen Stab, dessen Längsachse wir auch in der Ebene des magnetischen Meridians halten, mit dem gleichnamigen Polende, so wird die kleine Nadel nicht in derselben Ebene repulsirt, sondern sie dreht ihre Längsachse aus der Meridianebene heraus.

Ich glaube, wir müssen uns das so erklären:

Zug vermöge Attraktion ist ein continuirlicher Bewegungsimpuls, der auf alle Atome, und auf alle daran hängenden Aetherkügelchen gleichzeitig, immerwährend und gleichsinnig wirkt. Eine Verschiedenheit in der Grösse des Zuges könnte nur da sein, insoferne die einzelnen Atome nicht gleich weit vom attrahirenden Raumpunkte entfernt sind. Diese Ungleichheiten werden aber ausgeglichen, da ja von dem angezogenen Atomenkomplexe jedes einzelne Atom auf das nächste wirkt, daher wir uns auch in Bezug auf attrahirende Bewegungsimpulse die ganze bewegliche Masse als in einem Punkte — im Schwerpunkte — vereinigt denken können.

Bei der Repulsion zweier Magnetstäbe aber haben wir gesehen, wirken die Bewegungsimpulse stossweise; hier haben wir also discontinuirliche Bewegungsimpulse vor uns.

So klein wir uns auch das Trägheitsmoment der einzelnen Atome denken wollen, so klein wir uns immer die Zeit vorstellen wollen, welche ein Stoss braucht, um die Atome unserer Nadel zu bewegen, es wird immer eine Zeit sein, deren Rechenwerth wir nicht gleich Null setzen dürfen. Wenn wir uns von den solchermassen resultirenden Bewegungen Rechenschaft geben wollen, müssen wir berücksichtigen, dass sie eine Funktion sein werden

erstens von der Zeit, welche vergeht, bis alle Atome an der Bewegung Theil nehmen, und genauer gesprochen

zweitens von dem Bewegungswerth, welchen die einzelnen Atome in einer gleichen Zeiteinheit bekommen können.

Wir haben gesehen, dass bei den fix polarisirten Oberflächenatomen die mittlere Beweglichkeit nicht für alle im einzelnen Atome gelegenen Aetherkügelchen gleich gross ist, dass ferner nicht gleichbewegliche Aetherkügelchen gleichwerthig im Atome gelegen sind, und dass schliesslich die Beweglichkeit der mobilsten Partikelchen nicht nach allen Richtungen des Raumes gleich sei.

Wenn wir uns die resultirende Wirkung eines einmaligen Stosses auf die Atome vorstellen, müssen wir sagen, die Bewegung der ein-

zelnen Aetherkügelchen wird ihrer Grösse nach proportional sein ihrer Beweglichkeit, und der Richtung nach wird die Richtung ihrer grössten Beweglichkeit als Ausschlag gebende Composante fungiren.

Am beweglichsten sind bei der polarisirten Dynamide die Aetherhälften, und die Richtung ihrer grössten Beweglichkeit liegt in Ebenen, welche parallel sind zu den äquatorialen Flächen (gleichsam in Ebenen von Parallelkreisen). Der Bewegungsimpuls wirkt folglich auf eine Atomhälfte in einer Richtung, die senkrecht ist zu einer Linie, in welcher ein relativ unbeweglicher Punkt des Atomes liegt. Der unbewegliche Atompunkt liegt in der andern Atomhälfte, und das Atom verhält sich wie ein einarmiger Hebel, auf den senkrecht zu seiner Längsachse, entfernt vom Hypomochlion die Kraft angreift. Der so combinirte Bewegungsimpuls muss demnach zu einem Drehungsimpuls werden. Sind die einzelnen Atome schwer oder gar nicht drehbar, wie bei unserem gestrichenen Stahldrahte die Oberflächenatome, so wirken die Impulse senkrecht zur Längsachse des ganzen Stabes als Drehimpulse für den ganzen Atomencomplex: die Nadel dreht sich aus der Meridianebene heraus.

Ein anderesmal können wir den Fall beobachten, wo nicht die ganze Masse gedreht wird, sondern nur die Oberflächenatome — u. zw. wenn diese polarisirt, aber nicht durch Aetherverdichtung fixirt sind: das ist der Fall bei weichem Eisen.

Bei dem weichen Eisen, und bei wenigen verwandten Metallen sind die Atome immer polarisirt unter dem Einfluss der achsendrehenden, attrahirenden Erde; aber die Oberflächenatome sind nicht verdichtet, und drehen leicht. Nähern wir ein Stückchen Eisen einem fix polarisirten Stahlstabe, so sind die Eisenatome entweder gleichsinnig mit den Stahlatomen polarisirt, und es stehen ungleichnamige Pole einander gegenüber, dann wird das Eisen einfach angezogen; oder die Pole der Eisenatome stehen schief, und im äussersten Grenzfalle um 180^0 gedreht gegen die der Stahlatome, dann erfolgen Stösse; unter dem Einfluss der Stösse drehen die Oberflächenatome des Eisens; sie drehen so lange als Stösse erfolgen, und sie hören erst auf zu drehen, wenn keine Stösse erfolgen: das ist, wenn sie mit dem Stahle Schwerpol gegen Aetherpol gewendet sind, worauf das Eisen in continuirlichem Zuge dem Stahlstabe nähernd bewegt wird.

Wenn wir beobachten, dass Eisen vom polarisirten Stahlstabe immer angezogen wird, können wir nur sagen, dass dies immer das Endresultat der dabei stattfindenden Bewegungsvorgänge sein muss, und dass die einzelnen Phasen der verschiedenen Bewegungsvorgänge zu rasch verlaufen, um von uns bemerkt werden zu können.

Jetzt wollen wir noch einmal auf die Drehbewegungen zurückkommen, welche uns eine Deklinationsnadel zeigt.

So lange nicht die Temperatur bis zum absoluten Nullpunkte herabsinkt — bekanntlich beiläufig — 273^0 Celsius — einer Temperatur, in welcher wir den Aether als vollkommen ruhig annehmen dürfen — so lange müssen wir uns vorstellen, dass die Nadel immer von mehr oder weniger stark schwingenden Aetherwellen umspült ist, welche auf ihre Oberflächenatome Bewegungsimpulse übertragen. Die stärksten Bewegungen müssen, wie wir gesehen haben, vermöge der richtenden

Kraft der oberflächlichen Nadeltheile in Ebenen erfolgen, welche parallel zum Aequator der polarisirten Atome, und daher senkrecht zur Längsachse der polarisirten Nadel sind. Wenn die Nadel drehbar ist, müssen diese rings um die Nadel, — vorzugsweise und am wirksamsten allerdings am Aetherende oder nahe demselben — senkrecht auf ihre Achse wirkenden Bewegungen drehend auf die ganze Nadel wirken.

Die Nadel wird so lange gedreht, als nicht ihr Schwerpunkt den tiefsten Punkt einnimmt, den er vermöge der Aufhängung einnehmen kann. Den möglich tiefsten, zum (magnetisch variirten) Erdpole nächsten, Punkt nimmt der Nadelschwerpunkt vermöge Gravitation der überwiegenden inneren Atome ein, wenn er auf der Nordhälfte der Erde nach Norden, und auf der südlichen Erdhemisphäre nach Süden vom zentralen Aufhängepunkt abgeglitten ist.

Es ist daher strenge genommen nicht exakt, wenn man vom Nordende und vom Südende einer Nadel oder eines Stabes spricht; denn wenn wir einen Stab so hinlegen, dass sein Nordende nach Süden zeigt, sind offenbar seine Oberflächenatome mit ihrem Schwerpol nach Süden gerichtet, und die Mehrheit der inneren Atome hat den Schwerpunkt vermöge der Erdimpulse nach Norden gekehrt.

Dasselbe müssen wir natürlich im Auge haben, wenn wir vom Schwerpol und vom Aetherpol eines Stabes sprechen. Wenn wir demnach einen von den belangten Ausdrücken gebrauchen, müssen wir uns gegenwärtig halten, dass nur die Lage der fixen Oberflächenatome damit bezeichnet werde; in diesem Sinne aber sind dann selbstverständlich die letzteren zwei Ausdrücke ganz im Allgemeinen zutreffender als die ersteren.

Die Richtung, in der wir die oberflächlichen Moleküle polarisiren, hängt bei künstlich magnetisirten Stäben bekanntlich nicht von der Lage zur Erdachse, sondern von der Streichweise ab; und wir müssen annehmen, dass während der Reibung die drehende Wirkung der vom magnetisirenden Stabe ausgehenden gerichteten Schwingungen sich in der Continguität auf die noch nicht fixirten Oberflächenatome des gestrichenen Stabes geltend mache, und dass durch gleichzeitige Verdichtung dieser Oberflächenatome ihre Leichtigkeit zu drehen stark vermindert werde; absolut undrehbar können wir die Atome ohnehin nicht nennen, denn wir wissen aus Erfahrung, dass jeder Magnet unter gewissen Umständen seine „Kraft“ verlieren kann. Das geschieht offenbar durch Lockerung des Aethers; am leichtesten geschieht es unter Anderem durch bedeutende Hitzegrade. Wir können uns ferners vorstellen, dass die richtenden Bewegungsimpulse der rotirenden Erde auch unter gegebenen Umständen die Oberflächenatome aus einer wirksamen in eine unwirksame, weil ungleichsinnige Polarisation allmälig zwingen, oder ihre Fixirung lockern können.

Wenn wir einen Magnet „armiren“ so belasten wir seine Oberflächenatome, damit alle äusseren bewegenden und drehenden Impulse vermehrten Widerständen begegnen mögen.

Auch die drehenden Wirkungen, welche ein fixirtes Atom auf das Nachbaratom im Magnete ausüben kann, sind ziemlich durchsichtig; so ist es erklärlich, dass schon einige Hammerschläge genügen, um alle Oberflächenatome eines Stabes zu fixiren, wo wir streng genommen

eigentlich nur einen Theil der Atome energisch verdichtet haben. Die stärker fixirten Atome bilden hier den Ausgangspunkt für gerichtete und richtende Schwingungen, die sich in der Continuität auf alle Oberflächenatome ausbreiten, und sie gleichsinnig fixiren. Die Wirksamkeit der Fixirung wird dann offenbar von dem quantitativen Verhältnisse der primär fixirten Atome abhängen.

Auch ist leicht abzusehen, dass bei der richtenden Wirkung der Atome unter sich die Lagerung der einzelnen Polachsen abhängen wird von der Polachsenlage der wirksamsten Atome. Da das wesentlichste Resultat der Polarisation an den beiden Endflächen des Stabes am conzentrirtesten ist, wird die richtende Wirkung auf alle Oberflächenatome wesentlich eine Funktion der Endflächenatome sein. Wenn wir uns verdeutlichen, wie die Oberflächenatome ihre Polachsen gelagert haben werden, müssen wir annehmen, dass sie ungefähr liegen wie *Fig. 9. a* es schematisch darstellt. Die Striche in der Zeichnung stellen die Polachsen dar, und die Punkte die Schwerpunkte der Atome in einem polarisirten Stabe. Wir sehen, dass die Polachsen ungefähr liegen wie die Radien einer grossen Kugel, deren Durchmesser der Länge des Stabes gleich oder proportional sein wird, je nachdem die richtende Kraft der kräftigst wirkenden Endflächenatome mehr oder weniger sich geltend machen kann.

Vergegenwärtigen wir uns, wie die fix excentrischen Oberflächendynamiden eines polarisirten Stahlstabes nach der schematischen Darstellung *Fig. 9. a* angeordnet sind; vergegenwärtigen wir uns, wie alle möglichen Bewegungen im umgebenden lockern Aether den dichten Aether der oberflächlichen Stahlatome nur in ganz bestimmten Richtungen zu namhaften Mitschwingungen anregen, resp. die ganzen Grenzatome wie eben so viele kleine Hebelchen bewegen können; und wenn wir uns nun denken, ein solcher Stab sei in seiner Längsmitte um eine vertikale Achse drehbar aufgehängt, finden wir, dass er (mit ganz unwesentlichen Abänderungen) unter bewegenden Impulsen steht, welche ihn mechanice einem empfindlichen Wetterhahn ähnlich erscheinen lassen. Auf den drehbar suspendirten Stab wirken zweierlei Kräfte; der nach dem nähern Erdpole gravitirende Schwerpunkt ist nicht fix unterstützt, die Gravitation wirkt daher als Motor, der nahe dem Aufhängepunkte angreift, so lange nicht der effektive Schwerpunkt genau in einer Linie zwischen dem Aufhängepunkte und dem nähern Erdpole liegt. Alle vorhandenen Aetherschwingungen der lockern Umgebung übertragen energische Bewegungen auf den dichten Aether der fix polarisirten Oberflächenatome, und die quere hebelnde Wirkung dieser, die ganzen fix excentrischen Dynamiden treffenden Impulse spielt vorzugsweise am äussersten Aetherpolende des Stabes. Sind die Polachsen der Oberflächenatome um 180^0 gegen die Gravitationslinie gedreht, so ist die Summe der bewegenden Impulse am grössten. In diesem Falle sind die beiden bewegenden Kräfte biladeral symmetrisch auf e i n e r Stabhälfte zusammen wirkend, und drehen den Stab, wenn der Reibungswiderstand kleiner ist als die bewegenden Kräfte; dreht sich der Stab, dann werden die Bewegungsimpulse in ihrer Resultante unsymmetrisch zur Stabachse, unterstützen sich aber insolange der Schwerpunkt nicht genau in die Linie zwischen dem Aufhängepunkte, und

dem nähern Erdpole gekommen ist; liegt endlich der Schwerpunkt zwischen dem Aufhängepunkt und dem nähern Erdpole, dann wird die Gravitation aus einem Motor zu einem Bewegungswiderstand, und da die Aetherbewegungen allein symmetrisch zum Stabe sind, so bleibt der Stab in Ruhe — in diesem Grenzfalle sagen wir, der Stab liege im magnetischen Meridian, eine gedachte resultirende Linie aus allen Polachsen der Oberflächenatome liegt dann genau paralell und gleichgerichtet der Achse des Stabes.

Ist der Stab um eine horizontale Achse drehbar, kommt er durch die gleichen bewegenden Kräfte in der Inclinationsstellung zur Ruhe, so lange die Oberflächenatome nach unserem Schema *Fig. 9 a* geordnet sind, d. h. so lange wir es mit einem tadellosen Magnete zu thun haben.

Wenn wir durch eigenthümliches (unregelmässiges) Streichen einen Magnetstab mit „Folgepunkten“ herstellen, so sind nicht alle Oberflächenatome gleichsinnig polarisirt; und wenn wir aus einem regelrechten Magnetstabe durch Schlagen oder Stossen (J. Müller) einen Stab mit Folgepunkten machen, so wird durch mechanische Gewalt ein Theil der Oberflächenatome trotz der frühern (relativen) Fixirung gedreht, so dass inselförmig Flächenstücke entstehen, deren Atom-Pole nicht mehr die Richtung haben, welche sie früher im regulär polarisirten Stabe hatten.

Wird eine Compassnadel von einer Erdhälfte zum Aequator gebracht, werden wahrscheinlich von den Erdimpulsen auch allmälige Poldrehungen in allen, oder in überwiegend vielen Oberflächenatomen erzeugt, die beim Fortschreiten nach der entgegengesetzten Erdhemisphäre fortschreitend, oder beim Rückkehren zur früheren Hemisphäre retrograd werden.

Die sogenannten magnetischen Kurven sind nach dieser Vorstellung Linien, längs welchen in der Umgebung eines Magnets lebhaft schwingende Aetherkügelchen sich bewegen, und wenn man Eisenfeile über einem Papier siebt, darunter ein Magnetstab liegt, müssen die Eisenpartikelchen zwischen den schwingenden Aetherkügelchen durchfallen, wie durch ein System von Siebeflächen, deren einzelne Oeffnungen in Kurvenlinien angeordnet sind, während die Siebeflächen selber ungefähr wie steif emporstehende Blätter eines aufgeschlagenen Buches angeordnet sind. S. *Fig. 9. b.*

Wie durch diese Blätter die Eisenfeile zumeist in die Rückenfalten der siebähnlich gedachten Blätter fallen würde, und ein Theil in Kurven auf der Innenseite des Buch-Deckels, so werden zwischen den fliegenden Aetherkügelchen die Eisenfeilspänchen durchgesiebt und lagern sich als polarisirte Atome in zusammenhängenden Reihen auf dem Papier, nachdem sie unter den vereinten Wirkungen der Schwere und der Attraktion des polarisirten Stabes in convergenten Linien niedergefallen sind.

Doch wollen wir uns nicht bei einzelnen möglichen Erscheinungen aufhalten, welche experimentell sich hervorbringen, und aus der entwickelten Darstellung der mechanischen Vorgänge leicht deuten lassen; wir wollen nur noch auf ein wichtiges Faktum hinweisen, das geeignet ist, die entwickelte Ansicht über das Wesen der magnetischen Bewegungsphänomene zu unterstützen.

Wir haben entwickelt, dass die dynamischen Erscheinungen an einem Magnete nur von seinen Oberflächenatomen herrühren; der Natur der Sache nach hängen sie vorzugsweise von den Endflächen ab; die inneren Atome sind höchstens als Stützpunkte, als Stative gleichsam wirkend, um die Entfernung der Oberflächenatome zu erhalten.

Die empirisch bestimmte Tragkraft von Hufeisenmagneten ist vollkommen im Einklange mit dieser Vorstellung.

Die Tragkraft eines Hufeisenmagnets können wir betrachten als die summirte Wirkung beider Endflächen, da ja gegen Eisen beide Endflächen anziehend wirken.

Nun hat Häcker aus Versuchen über das Verhältniss von Masse und Tragkraft von Hufeisenmagneten gefunden, dass die Tragkraft nicht im Verhältniss zu ihrer Masse zu- oder abnehme, sondern dass die Relation durch $M = a \sqrt[3]{P^2}$ genau ausgedrückt wird, wobei M die Tragkraft vorstellt, P das Gewicht des Magnets, und a einen konstanten Faktor bedeutet, welcher von der Art oder Sorgfalt der Herstellung abhängt.

Nun betrachten wir die Grösse $\sqrt[3]{P^2}$ genauer!

P ist das Gewicht des Magnets; das Gewicht ist aber, geringe Schwankungen im specifischen Gewichte abgerechnet, proportional dem Volumen des Magnets zu setzen; dann stellt offenbar $\sqrt[3]{P^2}$ die Oberfläche eines kubischen Körpers dar, dessen Volum $= P$ ist. Ausserdem kann ich P auch als Volum einer Kugel auffassen, dann ist $\sqrt[3]{P}$ proportional dem Kugelhalbmesser, und $\sqrt[3]{P^2}$ ist die Proportion der Kugeloberfläche.

Endlich kann ich unter derselben Voraussetzung $\sqrt[3]{P^2}$ betrachten als Ausdruck, der die Basalflächen darstellt zweier symmetrisch aus einer Kugel ausgeschnittenen Pyramiden, deren Höhen dem Kugelradius gleich sind, und deren Spitzen im Kugelmittelpunkte liegen. Dann entspricht der Ausdruck $\sqrt[3]{P^2}$ genau dem Werthe der Endflächen des Magnets nach unserer Vorstellung.

Als wesentlich wirksame Theile der fix polarisirten Stahlstäbe müssen wir ansehen ihre Endflächen. Am Längsschnitte sind die Oberflächenatome nur wirksam in dem Verhältniss, als sie der drehenden Gewalt der Endflächenatome näher und mehr ausgesetzt sind. Dem entspricht die Erfahrung über die Vertheilung der Wirksamkeit in den verschiedenen Theilen der polarisirten Stäbe; je weiter von den Endflächen gegen die Längenmitte des Stabes wir den Stab auf seine Wirksamkeit prüfen, desto weniger leistungsfähig finden wir ihn — nicht als ob hier die Oberflächenatome keine lebhaften Bewegungsimpulse mit der weniger dichten Umgebung austauschen würden — nein! sondern die Bewegungsrichtungen vermischen sich zu wenig wirksamen und unwirksamen Combinationen; die Atome, welche in der Mitte des Längsschnittes oberflächlich zu Tage liegen, partizipiren gleichwerthig an den Wirkungen ihrer beiden Pole, und diese heben gegenseitig ihre Wirkung nach aussen grösstentheils auf, wie

wir schon früher zur Vorstellung gekommen sind, dass ein einzelnes Atom keine wesentlichen Erfolge haben kann.

Rekapituliren wir die bemerkenswerthen Schlüsse aus unseren bisherigen Betrachtungen:

1) Der Erdmagnetismus ist nichts anderes, als die combinirte Wirkung der Schwere und der rotatorischen Fliehkraft auf Eisen und verwandte Metalle.

2) Die Drehung einer Deklinationsnadel wird von den Oberflächenatomen der Nadel besorgt; und sie drehen die Nadel wie die meisten Atome gravitiren: zum näheren Erdpole. Ebenso kommt

3) die inklinatorische Stellung einer Nadel zu Stande.

4) Alle sogenannten Anziehungs- und Abstossungsphänomene an magnetischen Körpern sind wesentlich nur Funktion ihrer Oberflächenatome und hängen nur von ihrer Stellung zu einander und zu ihrer Umgebung ab. Am wirksamsten sind die Endflächen.

5) Wesentlich für das Zustandekommen der dynamischen Phänomene von polarisirten Eisenatomen ist der Zustand des Aethers in der nächsten Umgebung; wenn wir uns den inmerhin denkbaren Fall vorstellen, dass der Aether in der Atmosphäre gleiche Dichte hätte mit dem Aether innerhalb der Eisenatome u. s. w., dann würden die oberflächlichen Eisenatome keine besonderen dynamischen Erscheinungen hervorbringen können. Auch dann würden keine dynamischen Erscheinungen zu Tage treten, wenn der umgebende Aether in absoluter Ruhe wäre, d. h. wenn etwa eine Temperatur von — 273° C. herrschen würde.

6) Der Ausschlag gebende Unterschied zwischen einem magnetischen, und einem nicht magnetischen Eisen- oder Stahlstabe liegt in dem Zustande der Oberflächenatome. Damit ein Stab alle Erscheinungen des Magnetismus zeige, müssen seine Oberflächendynamiden in der bestimmten, beiläufig dargestellten Weise gleichgerichtet excentrisch, und die Schwerpunkte müssen in der excentrischen Lage fixirt sein; denn nur dann können die oberflächlichen Dynamiden von den Schwingungen der umgebenden lockeren Aetherkügelchen als Hebel Bewegungen auf den ganzen Stab übertragen, respektive den umgebenden Schwingungen dauernd bestimmte Richtungen mittheilen. Dass verhältnissmässig so selten an Körpern magnetische Erscheinungen zu Tage treten, hat seinen Grund darin, dass, wie es scheint, wenige Dynamidenarten bei den günstigen Dichten-Verhältnissen an sich, und relativ zum umgebenden Medium eine genügende dauernde Fixirung des excentrisch gewordenen Dynamiden-Schwerpunktes an der Grenzfläche gestatten. Denn excentrisch können wol unter Umständen ohne Ausnahme die Dynamiden aller Körper werden, wie wir im weiteren Verlaufe unserer Betrachtungen zu schliessen uns veranlasst sehen werden. Wie die Schwerpunkte verschiedener Dynamiden excentrisch werden, und temporär sogar an den Grenzflächen in dieser Stellung festgehalten werden können, wollen wir in den folgenden Blättern uns zu verdeutlichen suchen.

II. Capitel.

Bewegungserscheinungen an sogenannten elektrischen Körpern. — Verschiedene Bewegungsimpulse, von welchen sie hervorgebracht werden. — Aether, — sein Wechselverhältniss mit Ponderabilien. — Massbestimmung über den Einfluss der Entfernung auf das Wechselverhältniss. — Warum der Aether gewichtlos ist, wiewol er Masse hat. — Mathematische Ableitung der Schwingungsgeschwindigkeit von Aetherkügelchen. — Ueber die dem Aether immanenten Kräfte, und über die ihm mitgetheilten Bewegungsimpulse. — Wirkung von Aether auf Aether. — Mass der Wechselwirkung von Aether und Ponderabilien in Distanz — auch an magnet. Erscheinungen nachweisbar.

Wir haben uns im ersten Capitel mit der Betrachtung eines Stahlstabes beschäftiget, von dem wir uns vorstellten, dass alle seine Endflächenatome parallel zu einander polarisirt sind, woraus resultirt, dass an dem einen Ende ausschliesslich nur Stoffpole, an dem andern Ende ausschliesslich nur Aetherpole als Grenzfläche zu Tage liegen. Die Oberflächenatome am Längsschnitte sind ebenfalls gleichsinnig polarisirt, aber da sie eben beide Pole mehr oder weniger gleich zu Tage kehren, können sie wenig bedeutende richtende Einflüsse auf die äusserlich umliegenden schwingenden Aethertheilchen üben; und das wenige, was sie leisten, müssen wir betrachten als mittelbar ausgehend von den Endflächen, welche auf die polarisirten Nachbaratome am Längsschnitte in mässigem Grade drehend wirken. Auch diese Wirkungen müssen wir ansehen als vermittelt durch Austausch von Schwingungsimpulsen mit den lockeren Aetheratomen der angrenzenden Atmosphäre, und die einsinnige Wirkung wird um so schwächer, je näher wir der Längsmitte des Stabes kommen; hier liegen die Oberflächenatome wirklich vollkommen parallel mit der Längsachse des Stabes.

Wir haben die vorzüglich wirksamen Endflächen angesehen als symmetrisch gelegene Oberflächenstücke einer Kugel; beispielsweise als Basalflächen zweier Pyramiden, deren Spitzen im Kugelmittelpunkte liegen, und deren in einer geraden Linie befindliche Achsen einen Kugeldurchmesser darstellen.

Denken wir uns jetzt, dass die Basalflächen der Pyramiden als Stücke einer Kugeloberfläche symmetrisch, in continuo nach ihrem eigenen Enstehungsgesetze anwachsen, so werden Oberflächen von Halbkugeln daraus werden, die sich in einer kreisförmigen Linie berühren. Siehe die schematische Durchschnittsansicht *Fig. 10.*

Die Berührungslinie der beiden gleichen Halbkugeloberflächen bildet offenbar den Aequator einer Kugel, welche an einer Hälfte nur Stoffpole, und an der andern Hälfte nur Aetherpole zu Tage kehrt. In der Aequatoriallinie berühren sich Atome, die genau entgegengesetzt zu einander polarisirt sind. Sie haben parallele Polachsen, die gegeneinander in einem Winkel von 180 Graden gedreht sind.

Ob wol dieses Verhältniss dauernden Bestand haben kann?

Wir können ganz ungeheuere, ausgedehnte und schwere Massen balancirt denken dadurch, dass wirklich nur ihr Schwerpunkt in einem Punkte, oder in einer Linie unterstützt ist, ebenso können wir kolossale Kräftemassen in Form von Spannkräften enge nebeneinander angehäuft denken, die in lebendige Kraft umgesetzt, bedeutende Wirkungen hervorbringen würden mitsammen, oder, wenn sie antagonistisch wirken, sich gegenseitig vollkommen aufheben. So lange die Kräfte ganz gleich sind, ist der äussere Erfolg ganz gleich, ob sie als Spannkräfte ruhen, oder ob sie als lebendige Kräfte sich gegenseitig vernichten.

Wenden wir das auf unsere Kugel an!

Auf der einen Kugelhälfte bilden sich radiär gerichtete Schwingungen, auf der andern Hälfte bilden sich tangential gerichtete Schwingungen; am Kugeläquator vermischen sich die Schwingungen, und erzeugen wesentlich gesteigerte Schwingungen in einer Mittelstellung; diese stärkeren Schwingungen drehen alle anderen, bis ein Gemisch von Bewegungen entsteht, die nicht mehr eine vorwaltende Richtung haben, sondern die als ein Gemisch von verschiedenen Schwingungen die Kugel umgeben gerade so, als wenn unsere Kugel mit unpolarisirten oder unwirksam polarisirten Oberflächenatomen bestünde. Ja, wenn wir die anfänglichen Tendenzen der noch gerichteten Schwingungen in's Auge fassen, sehen wir ein, dass ihr erster Erfolg die entgegengesetzte Polarisation oder resultirend eventuell die Depolarisation aller Atome sein wird.

Dies ist der Fall, wenn beide Kugelhälften vollkommen gleiche bewegende Kräfte darstellen.

Nun können wir aber unserer Kugel nachhelfen; wir können die Schwingungsamplituden an einer Hälfte vergrössern. Dann wird voraussichtlich die stärkere Schwingungsform den Aequator siegreich überschreiten, und wird die Oberflächenatome der andern Kugelhälfte in ihrem eigenen Sinne drehen, bis alle Atome der Kugeloberfläche in Beziehung zum Kugelmittelpunkte gleichsinnig polarisirt sind, bis also alle Oberflächenatome ihren Schwerpol, oder alle ihren Aetherpol nach aussen kehren.

Die Verstärkung der einen Hälfte können wir natürlich auf zweierlei Weise zuwege bringen, entweder durch effektive Verstärkung der Schwingungsamplitude des Aethers von der betreffenden Seite, also durch direkte Mittheilung von lebendiger Kraft, oder auch auf eine weniger ritterliche Weise, indem wir der zweiten Hälfte lebendige Kraft entziehen dadurch, dass wir sie beispielsweise zwingen, ihre Schwingungen auf contigue, weitaus grössere Atommassen zu übertragen.

In beiden Fällen ist der Erfolg ein ähnlicher und proportionaler.

Die Schwingungsform wird an der ganzen Kugeloberfläche die Atome in einem Sinne drehen; während früher unkonstante Polarisation

da war, unterstützen sich jetzt alle Atome der Oberfläche gegenseitig, und geben dadurch ihrer Polarisation die Bedingungen relativ bedeutender Stabilität; die Atome stützen einander, wie die Bausteine in einer Bogenwölbung, und wir können jetzt namhafte Schwingungsamplituden auf die Kugel wirken lasseu, sie werden alle in ganz bestimmter Weise gerichtet werden, und werden alle gleichsinnig wirkend auch namhafte Erfolge haben.

Wir können uns mehrere solcher Kugeln vorstellen, wovon einige ganz mit den Schwerpolen nach aussen gekehrt, andere ganz nach innen polarisirt sind, und wenn wir zwei solcher Kugeln einander nähern, werden wir beiläufig Erscheinungen zu gewärtigen haben, wie wir sie von den Endflächen der Magnete hervorbringen sehen. Je nachdem wir gleich oder entgegengesetzt polarisirte Kugeloberflächen auf einauder wirken lassen, werden wir Abstossungs- oder Anziehungsphänomene erhalten: Massenbewegungen, oder blos Aetherbewegungen in Form von Licht, oder Aether- und molekulare Stoffbewegungen als Wärme u. s. w.

Nun entsteht eine andere Frage: denken können wir uns solche Kugeln leicht — aber wie sollen wir sie herstellen?

Unsern Magnetstab hat uns die Erde mit ihren eigenthümlichen Bewegungsimpulsen polarisirt; wir haben nur die Oberflächenatome fixiren müssen. Wir thun dies gewöhnlich durch mechanische Verdichtung des Aethers; aber manchmal geschieht es auch ohne unser Hinzuthun. Wir nehmen dann an, dass gewisse Veränderungen an der Oberfläche des Eisens von äusseren Einflüssen herbeigeführt werden, die theils physikalischer Natur als Veränderung der Dichte, theils chemischer Natur, als Veränderung, Umlagerung oder Verbindung der Eisenatome mit anderen Atomen gedeutet werden.

So wie wir fix polarisirte Eisenatome herstellen konnten, ohne uns über das Wesen der mechanischen Vorgänge dabei Rechenschaft geben zu können, ebenso können wir empirisch Kugeln herstellen, welche beiläufig und zum Theil ähnliche Erscheinungen geben, wie die fix polarisirten Eisen- oder Stahlstäbe. In dem einen Falle hatten wir ein Wort, in dem zweiten Falle haben wir wieder ein Wort, mit dem wir die Vorgänge symbolisiren; das Wort heisst: Elektricität.

Wie es sich für ein wissenschaftliches Wort geziemt, stammt auch dieses Wort aus dem Griechischen — sehen wir zu, was wir uns dabei denken sollen!

Wir bringen elektrische Erscheinungen hervor durch Reiben, Streichen und Schlagen — das ist, wir theilen den Atomen Bewegung mit, dann durch Wärme, wir theilen ihnen wieder Bewegung mit; endlich durch chemische Vorgänge — theilen wir ihnen auch da Bewegung mit? Wir haben der Erde ihr Geheimniss abgeguckt; wir wissen, wie sie die Eisenatome polarisirt: durch zwei verschiedene Bewegungsimpulse auf zwei verschiedene zusammengehörige Körperbestandtheile — könnte es nun ein Atom mit dem andern nicht ebenso machen?

Eine Dynamide A und eine Dynamide B liegen hart an einander; A hat einen specifisch schwereren Stoffkern, hat vielleicht eine dichtere Aetherhülle; B hat einen leichteren Kern und lockereren

Aether; das Volumen beider Dynamiden ist gleich gross, oder verschieden gross. Stoffkern ist zu Stoffkern attraktiv, und da A stärker ist, können wir sagen, A zieht B an; kann es nicht den Kern stärker anziehen als die Aetherhülle?

— Oder wir lassen schwingende Aethermassen (etwa in Form von stralender Wärme) auf unsere zwei Dynamiden wirken — oder wir setzen ihren Aether geradezu durch Reiben, Streichen oder Schlagen in Bewegung — wird nicht der lockere Aether von B caeteris paribus grössere Schwingungsamplituden aufweisen als der dichtere Aether von A?

In der That! Jede Dynamide besteht aus zweierlei Bestandtheilen, und verhält sich bei verschiedenen äusseren Umständen verschieden; daher können von jeder Dynamide auf eine zweite andersgeartete Dynamide sechsfach kombinirte Paare von Bewegungsimpulsen übertragen werden. Und da wir nicht nur einfache. sondern oft sehr zusammengesetzte oder mehrartige Dynamiden auf einander wirken lassen, so ist die Zal der variirten Combinationen noch grösser. Wie soll es uns da wundern, wenn mitunter zwei verschiedene Bewegungsimpulse resultiren, die sich gegenseitig nicht direkt aufhehen oder schwächen, sondern deren Resultante combinirte Bewegungen von Aether und Stoffkern hervorruft, ähnlich den Bewegungen, welche die zwei Bewegungsimpulse der achsendrehenden Erde hervorbringen?

Nehmen wir den einfachsten Fall! Der Kern von A zieht den Kern von B an; er zieht vielleicht auch den Aether von B an, aber vielleicht schwächer, vielleicht stärker als den Kern; da die Atome sehr nahe zu einander sind, wird die Attraktion sehr gross, und auch der etwaige Attraktionsunterschied sehr gross ausfallen. Im ersten Fall würde der Kern mehr avanciren, im zweiten Fall würde der Aether mehr avanciren, und der Erfolg wäre in beiden Fallen das Heraustreten des Kerns aus dem Dynamidencentrum: eine Polarisation.

Nun müssen wir vor Allem einen wesentlichen Unterschied constatiren zwischen der Polarisation, welche die Erde hervorbringt, und den Polarisationen, welche ein Atom eventuell in dem Nachbaratom herbeiführt. Die Erde polarisirt alle Atome eines Eisenstabes gleich, weil alle gleich weit von ihrem Centrum entfernt sind; ein einzelnes Atom wird auf ein zweites nur in geringen Entfernungen merklich wirken können. Es wird also zunächst nur eine Polarisation an Grenzflächen verschiedenartiger Atomenkomplexe stattfinden — im Allgemeinen, wo z. B. dichtere und lockerere Atome unmittelbar aneinander liegen. Die secundären Wirkungen können sich dann allerdings rasch auf weite Entfernungen ausbreiten, da wir ja wissen, dass dabei Aetherschwingungen in's Spiel kommen, welche in gleich dichten, contiguen Massen ausserordentlich rasch fortschreiten. So weit aber die Vorgänge den ponderablen Stoff betreffen, und so weit die ersten bestimmt gerichteten Bewegungen zu entstehen haben, werden wir immer im Auge behalten müssen Grenzflächen zwischen dichteren und dünneren oder, ganz im Allgemeinen, zwischen verschiedenen Medien; dabei können die verschieden dichten, aneinander grenzenden Räume mit Stoffen erfüllt sein von gleichem oder verschiedenem Aggregatszustande. Quantitativ können die Bewegungsvorgänge unendlich

verschieden sein; in quale werden wir alle Vorgänge nach einem gewissen Schema auf bestimmte typische Geschehnisse zurückführen können, wie wir das zum Theil schon bei den sogenannten magnetischen Erscheinungen vermocht.

Die Erscheinungen werden wesentlich gleichgeartet sein: Anziehung und Abstossung — Massenbewegung; Licht als Aetherbewegung; Wärme als Bewegung von Aether und von Stoffmolekülen; endlich Atombewegungen im engern Sinne als Lösung von vereinten, oder Verbindung von getrennten Atomen, als chemische Bewegung.

Es wäre jedoch ein ganz undankbares Bemühen, uns einzelne derlei Vorgänge klar zu machen, ohne dass wir uns vorher gewisse allgemeine Verhältnisse bekannt zu machen suchten, welche dabei in Betracht kommen.

Wol haben wir nur an die allereinfachsten Bewegungsimpulse zu denken, wie wir bei der Erdpolarisation gesehen. Attraktion von Stoff zu Stoff ist dabei das Wesentlichste; denn streng genommen ist ja die Schwere unmittelbar, und die Erdrotationswirkung in letzter Reihe auch nur Folge der Attraktion von Stoff zu Stoff.

Aber bei unseren Atomen, haben wir gesehen, spielt der Zustand des dem Stoffe adhärenten Aethers, und seine Raumlage, mit einem Wort sein Verhältniss zum ponderablen Stoff eine wesentliche Rolle. Bei allen mechanischen und thermischen sowol, wie chemischen Vorgängen innerhalb der Atome und Atomencomplexe müssen wir immer wieder auf die Bewegungen der Aetherkügelchen zurückkommen. Die Aetherkügelchen stehen in so inniger Beziehung zu den Stoffatomen, dass wir anzunehmen gezwungen sind, sie mögen einen integrirenden Bestandtheil aller Stoffe bilden, welch letztere allein wir wahrzunehmen im Stande sind.

Mit dem Aether haben sich bis jetzt eingehend nur Forscher beschäftiget, welche die Theorie des Lichtes cultivirten. Nebenbei haben die Astronomen von ihm Notiz genommen, und erst in jüngster Zeit wird von ihm sowol in der rationellen Wärmelehre gesprochen, wie auch derselbe als Constituens der chemisch einfachen und zusammengesetzten Stoffe ernst erwähnt wird.

Des Aethers Allgegenwart hat sich allen Forschern kundgegeben, trotzdem, dass er der unmittelbaren Wahrnehmung für jetzt und vielleicht für immer absolut entrückt zu sein scheint. Aus seinen Wirkungen müssen wir auf sein Dasein, und auf seine Eigenschaften schliessen; und aus seinen Wechselwirkungen mit den Ponderabilien müssen wir uns ihr Wechselverhältniss klar zu machen suchen.

Die Theorie des Lichtes ist als Vibrationslehre — Dank dem Fleisse vieler genialer Forscher — so weit entwickelt, dass sie allein uns Gewähr bietet, nicht im Leeren mit Nichts zu rechnen, wenn wir von den Wirkungen des Aethers sprechen.

Wie ist nun zunächst das Verhalten zwischen Aether und Ponderabilien?

Allgemein wird angenommen, dass die Stoffatome auf den Aether Attraktion üben, qualitativ wenigstens gerade so, wie auf ihres gleichen. Zu dieser Annahme drängen alle optischen Erscheinungen zunächst in Licht durchlassenden Medien. Attraktion kann nur eine gegenseitige

sein — das ist eine logische Forderung, welche durch Erfahrung gestützt ist — der Aether muss also Masse haben. — Dass der Aether Masse hat, und den Weltkörpern, namentlich den lockeren Kometen merklichen Reibungswiderstand entgegensetzt, haben namhafte Astronomen gefunden (Encke). Der Aether muss weiters Masse haben, wenn wir uns vorstellen sollen, dass er irgendwie Aeusserungen von lebendiger Kraft annimmt, und mittels Bewegung überträgt.

Nun soll er aber gewichtlos sein.

Wenn wir uns vorstellen, dass ein Eisenatom, ein Schwefelatom, ein Kohlenstoffatom, oder ein Sauerstoffatom den Aether anzieht, wie sollen wir uns vorstellen, dass die ungeheuren Massen Eisen, Schwefel, Kohle und Sauerstoff, welche in dem Erdkörper vereinigt sind, auf den Aether gar keine Attraktion üben sollten?

Die Atome wirken allerdings scheinbar nur in sehr geringen Distanzen auf den Aether. Diese Wahrnehmung kann uns indess nur veranlassen anzunehmen, dass die Entfernung auf die Attraktion einen grösseren Einfluss habe, als auf die Attraktion zwischen Ponderabilien, dass das Newton'sche Attraktionsgesetz qualitativ wol, aber nicht quantitativ auf den Aether zu übertragen sei.

Die Attraktion zwischen Ponderabilien und Aether mag also rascher abnehmen, als im Verhältniss zu dem Quadrate der Entfernung.

Es liegt uns nur ob, zu untersuchen, ob wir uns nicht eine Vorstellung verschaffen könnten, von dem quantitativen Werth des Verhältnisses.

Ich glaube, dass wir wol constatirte physikalische Erfahrungen haben, die uns Klarheit verschaffen über das Verhältniss der Wechselwirkung von Ponderabilien und Aether.

Betrachten wir der Einfachheit halber zwei permanente einfache Gase, deren Atomgewicht ihrem Aequivalent-Gewichte gleich ist; nehmen wir Wasserstoff und Stickstoff.

Wir wissen, dass das Atomvolum beider Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleich ist. Wir haben also zweierlei Dynamiden vor uns, deren Volum gleich gross ist, und die sich von einander dadurch unterscheiden, dass der wägbare Kern in der einen Dynamide $N = 14$ wiegt, wenn der Kern von $H = 1$ Gewichtseinheit wiegt.

Nun kennen wir auch aus den Versuchen und Rechnungen von Biot, Arago und von Dulong die specifische lichtbrechende Kraft der einzelnen Gase in Beziehung auf den luftleeren (bloss mit Aether erfüllten) Raum; das ist nach der Vibrationstheorie das Verhältniss der Aetherdichte eines Gases im Verhältniss zur Aetherdichte, wie sie ist, wenn keine ponderablen Stoffe im Raume als Attraktionsmittelpunkte vertheilt sind.

Die brechende Kraft der zwei erwähnten Gase ist verschieden, ihre specifische Aetherdichte ist also auch verschieden.

Da nun die Aetherdichte in einem Raume davon abhängt, ob überhaupt ponderable Attraktionsmittelpunkte im Raume vertheilt sind, und weiters davon abhängt, wie geartet die ponderablen Attraktionsmittelpunkte sind, so müssen wir sagen: die Aetherdichte ist eine Funktion der attrahirenden ponderablen Dynamidenkerne.

Der Dynamidenkern N hat eine andere Schwere, und wahrscheinlich

ein anderes Volum, also ein anderes spez. Gewicht wie der Kern *H*, darum hat er auch eine anders dichte Aetherhülle um sich, da ja die Dichte der Aetherhülle eine Funktion von der specifischen Attraktionscapacität von *N* und von *H* in der gleichen Raumausdehnung ist.

Nun kann ich mir auf der Raumeinheit zwei oder vier oder vierzig ponderable Attraktionsmittelpunkte, anstatt eines einzigen denken; dann wird die Dichte des Aethers warscheinlich grösser werden, weil die Attraktionscapacität jedes einzelnen ponderablen Kernes auf kleinere Entfernungen zu wirken hat.

Die Erfahrung bestätigt dies. Die Aetherdichte eines Gases, oder seine spezifische lichtbrechende Kraft wächst mit der Gasdichte, also mit der Lagerungsdichte der ponderablen Kerne.

Die Aetherdichte in einem Raume bängt also ab, erstens von der Beschaffenheit der ponderablen Kerne, welche im Raume vertheilt sind, und zweitens von der Zahl der attrahirenden Kerne, welche in dem gleichen Raume vertheilt sind.

Die Forschungsresultate der genannten Physiker gehen weiters dahin, dass es innerhalb ziemlich weiter Grenzen vollkommen gleichgiltig ist, unter welchem Drucke wir die zwei als Beispiel gewählten Gase, oder zwei beliebige Gase mit einander vergleichend auf ihre spezifische Aetherdichte prüfen.

Wir können die beiden Gase *N* und *H* mit einander vergleichen bei einem Druck von 0,05 Athmosphären oder bei einem Druck von 25 Athmosphären — das Verhältniss der lichtbrechenden Kraft beider Gase bei einem Drucke dessen Werth wir = 1 setzen, und das Verhältniss der brechenden Kraft beider Gase bei einem Drucke, dessen Proportionalwerth = 500 ist, bleibt vollkommen unverändert. In dem einen Fall haben wir das Verhältniss der Funktion von *N* und *H*; in dem andern Fall das Verhältniss der Funktion von 500 *N* und 500 *H* (weil die Lagerungsdichte der Kerne innerhalb dieser Grenzen proportional ist dem Drucke), daher

F (N): F (H) = F (500 N): F (500 H); eine gesonderte Wirkung des Druckes an sich auf das Verhältniss der zwei Aetherdichten macht sich hier nicht bemerkbar.

Der Druck an sich ändert nichts an der Aetherdichte — das müssen wir auch daraus schliessen, dass die Aetherdichte an sich nichts am rückwirkenden Drucke der Gase auf die Wände des einschliessenden Gefässes ändert.

Ob ich Sticksoff nehme oder Wasserstoff, bleibt bei gleichem Druck und gleicher Temperatur innerhalb bedeutender Grenzen vollkommen gleich; der Expansionsdruck des Gases bleibt gleich.

Ziehen wir doch einmal in Betracht wovon der Expansionsdruck der Gase abhängen kann!

Von dem ponderablen Stoffe nicht; denn diesem sind keine repulsiven Kräfte immanent; wenn immanente repulsive Kräfte wirksam wären, könnten sie nur vom Aether ausgehen. Ich behaupte nun, dass auch dem Aether die repulsiven Kräfte nicht immanent sind, sondern dass die repulsiven (expansiven) Tendenzen permanenter Gase zunächst dem Aether durch thermische Bewegungsimpulse mitgetheilt werden, und mittelbar sich auf die Stoffkerne ausdehnen; doch das ändert

nichts an der Sache — die Expansion der Gase hat ihren wesentlichsten Sitz in dem Aether. Wie kömmt es nun, dass der dichtere Aether nicht mehr Expansionsdruck ausübt oder vermittelt, als der minder dichte Aether? oder wie kömmt es, dass spezifisch schwerere Stoffkerne nicht mehr Expansionsdruck ausüben als specifisch leichtere? Das kann nur daher rühren, dass der dichtere Aether durch die Attraktion von Stoffkernen zusammengehalten wird, deren Anziehungscapacität bedeutender ist, und dass ein Theil der Bewegungen des dichtern Aethers sekundär sich auf die schwereren Stoffkerne überträgt.

Jetzt bleiben uns zwei Annahmen offen:

Das Mariott'sche Gesetz sagt aus, dass innerhalb bedeutender Grenzen das Volum von permanenten Gasen reciprok proportional ist mit dem Drucke. Da wir nun annehmen, dass der grösste Raumtheil einer Dynamide eigentlich von Aether erfüllt ist, muss der Druck an sich mechanisch entweder den Aether mit treffen, und seine Dichte vermehren, oder nicht.

In dem ersten Falle würde nach dem Mariott'schen Gesetze Aether, der in verschiedenen Gasen verschieden dicht gelagert ist, auf gleiche Druckgrössen gleich reagiren; das hiesse mit anderen Worten, der Aether wirke nach Gesetzen, die nach den Grundsätzen der Bewegungslehre ganz incommensurabel oder geradezu absurd sind. Das ist jedoch nicht der Fall.

Nur so lange die Attraktionscapacität der ponderablen Stoffkerne nicht überschritten ist, bleibt der Expansionsdruck verschiedener Gase gleich, weil die Attraktion der Stoffkerne den expansiven Tendenzen des Aethers die Wage hält. Ob der Aether dicht ist oder locker, hängt nur von der Attraktionscapacität der Stoffkerne ab, und ist demnach die Aetherdichte an sich gleichgiltig für den Expansionsdruck, daher auch der Druck an sich gleichgiltig für die Aetherdichte — das gilt innerhalb gewisser Grenzen, beiläufig innerhalb der Giltigkeits-Grenzen des Mariott'schen Gesetzes.

Wenn aber die Attraktionscapacität der Stoffkerne nicht mehr ausreicht, den expansiven Tendenzen des bewegten Aethers die Wage zu halten, dann gilt eben das Mariott'sche Gesetz nicht mehr.

Wir kennen empirisch Fälle, wo verschieden dichter Aether in verschiedenen Gasen auf gleichen Druck verschieden rückwirkt.

Diese Fälle treten ein, wenn der Aether selbst wirklich schon von dem Druck getroffen wird, wenn er in den Gasen schon sehr dicht gelagert ist; die Fälle treten ein bei sehr hohem Drucke.

Bei einem Druck von 2790 Athmosphären verhält sich nach den Versuchen von Natterer die Dichte von N zu H wie 705 : 1008; es gehen auf einen Raum, der nach dem Mariott'schen Gesetze eigentlich 2790. x Dynamiden von N oder H fassen sollte, nur 705. x Dynamiden Stickstoff und 1008. x Dynamiden Wasserstoff; weil der grössere Theil der Dynamidenräume von Aether erfüllt ist, nimmt die grössere (anfänglich dichtere) Aethermasse auch mehr Raum ein. Der ursprünglich dichtere Aether lässt sich weniger zusammen drücken.

Bei diesem hohen Drucke, der sich zu der in unserem ersten Beispiele gewählten Druckeinheit wie 55800 : 1 verhält, haben wir es offenbar schon mit der unmittelbaren Wechselwirkung von Druck und Aetherdichte zu thun.

Innerhalb der Grenzen der Giltigkeit vom Mariott'schen Gesetze aber wirkt der Druck noch gar nicht direkt auf den Aether, es ändert sich die spez. Aetherdichte der Gase nicht weil sich der Druck ändert, sondern weil sich durch den Druck die Lagerungsdichtigkeit der ponderablen Stoffkerne ändert.

Die Lagerungsdichte der ponderablen Stoffkerne an sich ist für alle permanenten Gase innerhalb der erwähnten weiten Grenzen bei gleichem Drucke gleich; daher reagiren die gleich grossen Dynamiden gleich stark auf den Druck, wie verschieden auch ihre Aetherdichte sein mag.

So weit das Mariott'sche Gesetz gilt, hat die Aetherdichte an sich innerhalb der Dynamide mit dem Druck an sich unmittelbar gar nichts zu thun. Der Aether wird im Dynamidenraume zusammengehalten nur von dem attrahirenden Stoffkerne, und weil durch den Druck die Stoffkerne verdichtet werden, verdichten diese attrahirend den Aether.

Nach diesen Betrachtungen können wir uns das Verhältniss leicht ableiten, in dem die Attraktion von ponderablem Stoff und Aether zur Entfernung steht.

Wenn ich ein Volum Wasserstoff auf den halben Raum zusammen drücke (bei gleicher Temperatur), so wird seine Dichte zweimal so gross.

In demselben Verhältniss als sich das Volum der Atomensumme ändert, ändert sich bei den Gasen auch das Volum des einzelnen Atomes. Das Atomvolum, welches früher V war, ist bei doppelter Dichte $= \frac{V}{2}$ geworden. Betrachte ich V als sphärische Figur und $\frac{V}{2}$ auch als sphärische Figur, so ist ihr Verhältniss $V : \frac{V}{2} = R^3 : r^3$, wenn ich mit R den Halbmesser der grössern und mit r den Halbmesser der kleinern Kugel bezeichne.

Jetzt betrachten wir die Veränderung, welche die spezifische Aetherdichte in einem und demselben Gase erleidet mit Aenderung der Dichte.

Biot und Arago haben gefunden, dass die spezifische lichtbrechende Kraft eines und desselben Gases sich ändert proportional seiner Dichte.

In einem und demselben Gase ändert sich also innerhalb weiter Grenzen die specifische Aetherdichte proportional mit der Gasdichte; und das specifische Brechungsvermögen bleibt bei verschiedener Dichte gleich, d. h. das Verhältniss der lichtbrechenden Kraft zur Gasdichte bleibt bei den verschiedensten Dichten unverändert.

Die Aetherdichte wächst demnach innerhalb weiter Grenzen genau proportional mit der Gasdichte.

Die Lagerungsdichte des Aethers in einer Dynamide ist Funktion des attrahirenden Stoffkernes, sie hängt ab von der mittleren Entfernung der einzelnen Aetherkügelchen zu dem ponderablen Attraktionsmittelpunkt (sie ist Funktion seiner attraktiven Kräfte) und sie ändert sich proportional r^3, also proportional der 3^{ten} Potenz das Halbmessers einer Dynamide, will sagen: reciprok mit der 3^{ten} Potenz der mittleren Entfernung der attrahirenden Punkte zu allen Aetherkügelchen. Ich glaube daher einen tadellosen Kettenschluss zu haben, der mir mit zwingender Gewalt die Ueberzeugung aufdrängt, dass die Attraktion vom ponderablen

Dynamidenkern auf die umliegenden Aetherkügelchen reciprok (umgekehrt proportional) sei mit der dritten Potenz der Enfernung.

Vernachlässigt sind bei dieser Schlussfolgerung zwei Faktoren; doch liegt deren Vernachlässigung in der Natur der Sache, so dass sie wohl nicht zu umgehen ist:

1. Kann die Dichtigkeit des Aethers bei zunehmender Gasdichte ausser von dieser noch abhängen von dem Einfluss, den ein Aetherkügelchen auf das andere übt, ein Einfluss, der bei wachsender Lagerungsdichte wachsen muss; begreiflicherweise handelt es sich nur um die Differenz des Einfluss-Zuwachses, weil ja die Aetherdichte des Gases von vorne herein schon auf die Aetherdichte im leeren Raume bezogen ist, und es ist warscheinlich dass dieser Wirkungs-Zuwachs innerhalb der minimalen Grenzen bleibt, welche für unsere sorgfältigsten Beobachtungen nicht zugänglich sind.

2. Ist die Form der Gasatome für alle Fälle sphärisch vorausgesetzt; auch das kann keinen wesentlichen Fehler involviren, da der Faktor r^3 seinen proportionalen Werth, und seine bindende Kraft behält für alle symmetrischen Figuren des tesseralen Systems; dass die Gasatome diesem Systeme angehören, und annähernd symmetrisch gestaltet sind — erhellt daraus, dass sie nach allen Raumrichtungen gleiche optische Eigenschaften haben.

Wenn wir als Basis der Rechnung die abgeleitete Voraussetzung nehmen, dass für die attraktive Wechselwirkung von ponderablem Stoff und Aether die dritte Potenz der Entfernung massgebend ist, und nicht die zweite Potenz, wie für Ponderabilien untereinander, so können wir leicht berechnen, warum der Aether für unsere Warnehmung auf der Erde gewichtlos erscheint, wiewol er Masse hat.

Wir kennen für die Attraktionsgrösse der Erde einen ziffermässigen Ausdruck; er ist für Ponderabilien als beschleunigendes Moment der Schwere in die Wissenschaft eingeführt, und sein Zifferwerth beträgt im Mittel 9,8 Meter, während er gewöhnlich durch den Buchstaben g symbolisirt wird. Die Grösse g ist nun bekanntlich nicht an allen Stellen der Erde gleich; nahe an den Polen repräsentirt g einen grössern Zifferwerth, und am Aequator einen kleinern Werth — weil die Erdachsendrehung durch ihre repulsiven Bewegungsimpulse einen Bruchtheil der attraktiven Impulse aufhebt.

Aus Pendelversuchen, die auf verschiedenen Erdbreiten (von $0-80^0$) ausgeführt wurden, kennt man die effektive Relation der beiden Impulsgrössen genau.

Da man die Geschwindigkeit der Erdumdrehung, und den Erdumfang kennt, kann man das Verhältniss der beiden Impulse für jeden Punkt der Erde auch durch Rechnung finden. Die Rechnung ergibt, dass wenn man $g = 1$ setzt für die ruhend gedachte Erde, also für einen der Pole, die Abnahme des Schwermomentes für den Aequator: 0,00346 betragen müsste; daher bliebe für den Aequator positiver Bewegungsimpuls: $1 - 0{,}00346 = 0{,}99654$; oder da am Pole $g = 9{,}83$ Meter beträgt, bliebe am Aequator $g = 9{,}79$ Meter.

Wenn wir jetzt das beschleunigende Moment der Schwere für Aether bestimmen wollen, müssen wir nach unserer abgeleiteten Voraussetzung in Rechnung bringen, dass die im Attraktionsmittelpunkte

vereinigte Masse der Erde auf den Aether reciprok mit der 3ten Potenz ihrer Entfernung, statt mit dem Quadrate der Entfernung wirkt.

Nennen wir γ das beschleunigende Moment der Schwere für Aether, so haben wir die Relation $\gamma : g = \frac{1}{r^3} : \frac{1}{r^2}$, wobei r den Erdhalbmesser bedeutet. Lösen wir die Gleichung für γ auf, so finden wir $\gamma = \frac{g}{r}$ oder in Zahlen auf gleiches Mass bezogen $\gamma = 0{,}00000153721$ Meter oder $=$ 0,001537 Millimeter.

Jetzt müssen wir aber davon den repulsiven Bewegungsimpuls abziehen, welcher durch die Erdrotation den Aether gerade so trifft, wie den ponderablen Stoff an derselben Stelle der Erdoberfläche.

Die Grösse der repulsiven Gaschwindigkeit auf die Zeiteinheit bezogen resultirt 16,5 Millimeter Weg für die Initialsekunde, und wir müssen für die repulsirenden Bewegungsimpulse (als dauernd wirkende beschleunigende Kraft aufgefasst) den ziffermässigen Raumwerth $=$ 33 Millimeter setzen; daher bleibt für den Aether : 0,001537 — 33 Millim. $= \gamma =$ — 32,998463 Millim.

Die resultirende Summe der Bewegungsimpulse, welche ein Aetheratom auf der Erdoberfläche speciell am Erdaequator erhält, theilt ihm eine negative Bewegung mit: eine Bewegung die dem Zug der Schwere entgegengesetzt ist; und wenn wir die Bewegung auf die Schwerlothlinie projiciren, müssen wir sagen, dass ein Aetheratom am Erdaequator ohne nahe ponderable Attraktionsmittelpunkte von der Erde wegfliegen müsste, wenn es sich selbst überlassen bleibt; die Grösse der beschleunigenden Kraft, welche es treibt müssen wir daher mit einem negativen Vorzeichen ausdrücken, wenn wir den Fall der ponderablen Körper mit positiven Zahlen bezeichnen.

Für den Aequator ist also das Moment der von der Erde ausgehenden Bewegungsimpulse auf ein Aethermolekel $= \gamma =$ — 32,99 Millim. in Zalen ausgedrückt.

Nur an den Erdpolen müsste γ eine positive Grösse bleiben u. zw. $\gamma = 0{,}0015$ Millim.; während an allen übrigen bisher zugänglichen Erdpunkten γ einen negativen Werth hat, d. h. an allen bisher zugänglichen Punkten der Erde ist der Aether nicht nur gewichtlos, sondern er erhält an sich eine negative Fallgeschwindigkeit, die proportional ist dem Quadrate vom Cosinus des Erdbreitenwinkels.

Es sei mir erlaubt, auf ein wichtiges physikalisches Faktum hinzuweisen, welches meine Auffassung dieser Verhältnisse in hohem Masse zu unterstützen scheint.

Pendelversuche, welche einen ziemlich hohen Grad von Genauigkeit in den Resultaten gewähren, haben ergeben, dass die Abnahme des beschleunigenden Momentes der Schwere von den Polen zu dem Aequator viel rascher fortschreitet, als man nach den genauesten Rechnungen erwarten sollte; während nach der Rechnung die ganze Abnahme zur ganzen Grösse sich verhalten sollte wie 0,00346 : 1 hat die Erfahrung ergeben ein Verhältniss $=$ 0,00556 : 1; die Abplattung der Erde allein kann die grosse Differenz nicht erklären.

Nach unserer Auffassung ist ein grosser Theil von diesen 21 Tausendsteln Gewichtsverlust auf Rechnung der Auftriebgrösse des Aethers zu setzen. Diese Auftriebgrösse, welche der Aether von der

Erde als negativen Bewegungsimpuls erhalten hat, nimmt von den Polen nach dem Aequator fortschreitend stetig zu; sie kömmt den mit dem Aether verbundenen Schweratomen zu gute; es wird ihre Schwerewirkung im messenden Pendel dadurch verringert.

Noch eine Rechnung sei mir gestattet hier anzuschliessen.

Wenn wir uns ein Aetherkügelchen an ein Stoffatom als minutiösen Pendel vermöge Attraktion angehängt denken, ist es zwischen entgegengesetzt wirkenden Kräften (zwischen der Attraktion des attachirten Atomes, und der summirten Attraktion aller übrigen Atome) gerade so in seiner Ruhelage balancirt, wie ein aufgehängter Stoffpendel. Massgebend für seine Schwingungen sind die Grössen seiner Entfernung von dem Centrum des Schweratomes, an das es gebunden ist einerseits, und der resultirenden Attraktionswirkung aller anderen Schweratome anderseits.

Um uns ein annäherndes Zifferbild zu machen von den hiebei statthabenden Verhältnissen, können wir die Schwingungsdauer eines solchen Aether-Pendelchens nach der gewöhnlichen Formel berechnen, wenn wir die Pendellänge kennen. Setzen wir in die Formel statt $\frac{l}{g}$ hier den (allerdings nicht ganz einwurfsfreien) Ausdruck $\frac{l^3}{g^2}$, so ist die Schwingungsdauer dann $= \pi \sqrt{\frac{l^3}{g^2}}$, wobei π, wie üblich, das Periferie-Verhältniss des Kreises vorstellt.

Jetzt frägt es sich nur, wie wir die Pendellänge erfahren.

Herr Gaudin, *) der sich mit den formalen Verhältnissen der Atome in sehr origineller Weise 40 Jahre lang beschäftiget hat, schätzt die Entfernung von Atomcentrum zu Atomencentrum in einem chemisch zusammengesetzten Molekül maximal auf $\frac{1}{10}$ und im Mittel auf $\frac{1}{100}$ von dem Millionsten Theil eines Millimeters.

Nehmen wir zehnmal grössere Distanzen; nehmen wir an, dass ein Aetheratom an ein Stoffatom aufgehängt ist in der Entfernung von 1 Millionstel Millim. und ein anderes in $\frac{1}{10}$ von dieser Entfernung. Wenn wir für 2 so situirte Aetheratome die Schwingungsgeschwindigkeit berechnen, finden wir, dass das eine 3,2 und das andere 100 Billionen Schwingungen in der Zeitsekunde machen muss. Nehmen wir die kleinste (von Herrn Gaudin als Mittelzahl angesetzte) Zal zur Grundlage unserer Rechnung, so steigt die Schwingungszal auf die artige Summe von 3200 Billionen Schwingungen in der Zeitsekunde.

Setzen wir für $\frac{l}{g}$ bei Aetherpendeln $\sqrt{\frac{l^3}{g^2}}$, dann betragen die Schwingungszalen für die 3 angesetzten Pendellängen ungefähr 0.9 — 5 und 18 Millionen in der Zeiteinheit.

Ganz wie bei einem Stoffpendel müssen Elongation (oder das lineare Mass der Schwingungsamplitude) und Schwingungsdauer gleichsinnig wachsen mit der Pendellänge, hingegen das Trägheitsmoment reciprok, so dass näher zum Dynamidenkern die Tangentialkraft stärker sein muss, um Schwingungen hervorzubringen.

---

*) L'architecture du monde des atomes par Marc Antoine Gaudin — Paris 1873.

Ferner muss bei der gesteigerten Einflussnahme der Entfernung auf die Attraktionsgrösse nach unserer Vorstellung die Lagerungsdichte des Aethers innerhalb der Dynamide von der Periferie gegen den Kern nahmhaft zunehmen, so lange die Dynamide centrisch ist. Und wenn eine Dynamide polarisirt ist, muss der Aether in der Stoffhälfte um vieles dichter sein als in der Aetherhälfte.

Was polarisirte Atome anlangt, gilt dies streng genommen wieder nur für Grenzflächen. Im Innern von dichten Körpern festen Aggregatszustandes werden die grossen Verschiedenheiten der Aetherdichte an einzelnen einander zugekehrten Atomregionen warscheinlich durch die von Atom zu Atom übergreifenden Attraktionskräfte herabgemindert. Die inneren Atome dichter und fester Körper sind übrigens auch nirgends an lebhaften Bewegungen oder Veränderungen betheiligt, d. h. eben an solchen Bewegungen oder Veränderungen, welche grosse Verschiedenheiten der Aetherdichte an eizelnen Atomregionen supponiren liessen.

Wie leicht einzusehen, musste es für unsere Vorstellungen von dem Geschehen innerhalb der Dynamiden von hervorragender Wichtigkeit sein, uns über das Wechselverhältniss von Ponderabilien und Aether eine auf physikalische Beobachtungen gegründete Ansicht zu bilden.

Wir sind zu dem Schluss gekommen, dass Ponderabilien und Aether einander anziehen umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung. Wir sehen dass diese Vorstellung allen, selbst scheinbar widersprechenden Forderungen Genüge leistet; namentlich sehen wir, dass Gewichtlosigkeit und Masse dem Aether zugesprochen werden müssen.

Um uns von allen Bewegungserscheinungen innerhalb der Atome Rechenschaft zu geben, haben wir aber nicht nur das Wechselverhältniss von Ponderabilien und Aether zu berücksichtigen, sondern es muss uns auch die Frage beschäftigen, wie sich ein Aethermolekel zu dem andern verhält. Bei Verdichtung des Aethers in verdichteten Gasen haben wir die Wirkung von Aether auf Aether ausser Acht gelassen; wir haben diese Wirkung als warscheinlich relativ sehr gering angesehen, und haben sie vernachlässiget. Ob wir annehmen, dass Aether auf Aether an sich abstossend wirke, wie sich die meisten Physiker vorstellen, oder ob wir annehmen, dass Aether auf Aether attrahirend wirke, können wir diese primären Wirkungen innerhalb der Dynamiden vernachlässigen, weil sie bei der verhältnissmässig kleinen Masse der Aetherkügelchen wirklich in ihren Folgen relativ nur irrelevant sein können, so lange die Aetherkügelchen ruhend gedacht werden. Der Aether wirkt auf Aether und auf Ponderabilien merklich nur durch Bewegungsimpulse, die er von aussen empfängt. Die sogenannten Abstossungserscheinungen in elektrischen und magnetischen Körpern sind übertragene Bewegungsphänomene, die mit den Licht und Wärme erzeugenden Bewegungen des Aethers zusammenhängen, und da wir die chemischen Bewegungen ebenfalls auf reine Attraktionswirkungen und auf dem Aether mitgetheilte Bewegungen zurückführen werden, fällt für uns jeder Grund weg, im Aether an sich repulsirende Kräfte zu suchen. Wenn der Aether durch thermische Bewegungeu den Ponderabilien divergirende Bewegungen mittheilt, sind es übertragene Bewegungsimpulse, und nicht immanente Kräfte, welche den Aether dazu bringen. Dasselbe ist der Fall bei den divergirenden Tendenzen

comprimirter Gase, oder bei den der Schwere entgegen gerichteten Bewegungen, welche uns spezifisch leichte Gase und Dämpfe zeigen.

Inbesondere müssen wir darauf Gewicht legen, dass wir die magnetischen und elektrischen sogenannten Abstossungsphänomene erklären können, ohne an, den Körpern ursprünglich zukommende, repulsirende Kräfte denken zu müssen, welche die meisten Physiker bisher geneigt waren, als dem Aether immanent anzusehen.

Von Fechner ist übrigens früher (im Jahre 1828) der Versuch gemacht worden „alle Abstossungskräfte aus der Welt des Kleinsten zu eliminiren“; doch hat gerade dieser Forscher seine so gearteten Ansichteten auch in neuerer Zeit wieder geändert. Ich habe seinen ältern Versuch nicht zu Gesichte bekommen, und kenne ihn nur aus dem neueren Widerruf in dem unten citirten Buche.

Derselbe Physiker erwähnt ausserdem Seguin, der auch derlei Ansichten vertreten hat. — Fechner *) bezeichnet explicite die elektrischen Abstossungskräfte als nicht vereinbar mit der Vorstellung, dass nur attraktive Kräfte den kleinsten Theilen inne wohnen. Er kann darum seinem ältern Versuch „keine Bedeutung mehr beilegen.“

Andere Physiker, welche bei Distanzänderungen Anziehung in Abstossung umschlagen liessen, sind von Challis widerlegt worden.

Eine beachtenswerthe Stütze hat die Vorstellung von den repulsiven Kräften des Aethers — meines Ermessens — nur in mathematischen Ableitungen aus den Schwingungsgesetzen der lichterzeugenden Aetherwellen.

Charles Briot **) hat aus dem Studium des optischen Verhaltens doppelbrechender Krystalle, und aus Erscheinungen der Dispersion geradezu die Forderung abgeleitet, dass Aethermoleküle sich im umgekehrten Verhältniss der sechsten Potenz des Abstandes abstossen. Nichts destoweniger gibt dieser gelehrte Mathematiker zu, dass die Wirkung der Aethermoleküle auf ihresgleichen eine anziehende sein könnte, und findet, dass „wenn die Kraft eine anziehende“ wäre, sie weniger rasch abnehmen müsste als proportional der 4ten Potenz der Entfernung; und ausserdem erwähnt er, dass die Kraft rascher abnehmen müsse, als mit dem Quadrate der Entfernung, wobei implicite wieder die Voraussetzung gemacht ist, dass die Kraft attraktiv sei, da für die Voraussetzung der Repulsion diese rascher abnehmen müsste, als mit der 4ten Potenz der Entfernung.

Nach diesem Forscher haben wir also das Entfernungsmoment für die eventuelle Anziehungsgrösse zwischen Aether und Aether mit einem Potenz-Exponenten uns zu denken, der zwischen 2 und 4 liegt.

Dass der mathematische Calcul über die Art der dem Aether immanenten Kraft nichts vollkommen Bestimmtes aussagen kann, namentlich eben nicht, ob sie der Richtung nach nähernd oder divergirend, positiv oder negativ sei, liegt in den Eigenthümlichkeiten des Calcules selbst.

Da nicht abzusehen ist, wie aus anderen als aus rein optischen Erscheinungen eine sichere Feststellung dieser Wirkungen und ihres

---

*) Ueber die physikalische und philosofische Atomenlehre, von Gustav Theodor Fechner. — Leipzig 1864. — S. 192-193.

**) Versuche über die mathematische Theorie des Lichtes, von Charles Briot übersetzt u. mit einem Zusatze vermehrt v. W. Klinkerfues. — Leipzig 1867.

Zalverhältnisses ableitbar wäre, und da alle anderen Erscheinungen nur attraktive und keine repulsiven Kräfte im Aether vermuthen lassen, wollen wir uns mit der allerdings keineswegs erwiesenen Vorstellung zufrieden geben, das Aether auf Aether warscheinlich innerhalb der von Briot offen gelassenen Grenzen anziehend wirke. Die Wirkung von Aether auf Aether wäre nahe gleich oder vielleicht ganz unter demselben Gesetze, wie die Wirkung von Aether auf Stoff und vice versa.

Unter dieser Voraussetzung können wir uns über die etwaige Ungenauigkeit mit dem schon gebrauchten Hilfsmittel hinwegsetzen, dass bei der geringen Masse der eizelnen Aetherkügelchen und dem bedeutenden Einfluss der Entfernung die Wirkung ruhender Aetherkügelchen auf ihresgleichen im Ganzen für die Bewegungsphänomene der Ponderabilien klein und zu vernachlässigen ist. Wir können die Ungenauigkeit bei dem kleinen Faktor dulden, so lange wir uns selbst bei grossen Faktoren anfänglich mit relativ wenig genauen Zalen werden behelfen müssen.

Wenn wir demnach diese Frage als für die praktischen Gesichtspunkte der Atomenlehre derzeit noch wenig relevant ungelöst zurücklegen müssen, thun wir es natürlich auf die Gefahr hin, dass unsere freundlichen Leser vielleicht in kritischer Laune an eine sehr alte und sehr bekannte Fabel erinnert werden, welche uns von einem Fuchse erzählt und — von Trauben.

Gelegenheitlich können wir uns jedoch in's Gedächtniss rufen, dass nach Versuchen von Gauss, von W. Weber u. A. die Totalwirkung zwischen zwei Magnetstäben caeteris paribus proportional ist der 3ten Potenz ihrer Entfernung. Da wir gesehen haben, dass bei der Anziehung von Magnetstäben nur attraktive Wechselwirkungen von Stoff und Aether statt haben, und dass bei der Repulsion nur übertragene Bewegungen von Aether wirksam sind (Bewegungen, die wir zum Theile wieder direkt auf attraktive Kräfte zurückführen können) — da wir weiters gesehen haben, dass weder dem Stoff noch dem Aether immanente repulsive Kräfte dabei in's Spiel kommen, haben wir wieder einen Beleg, dass die dritte Potenz der Entfernung ein Mass ist, das wir bei der attraktiven Wechselwirkung von Stoff und Aether im Auge haben müssen; und haben wieder Ursache anzunehmen, dass die Wirkung von Aether auf Aether wahrscheinlich unter ganz gleichen Gesetzen steht. — Wir sehen auch hier, dass gesonderte nnd namentlich der Art, oder dem Masse nach wesentlich verschiedene Wirkungen von Aether auf Aether, sich höchstens innerhalb minimaler Grenzen geltend machen könnten, die unserer Beobachtung unzugänglich sind; d. h. soweit mechsnische Veränderungen in ponderablen, für uns allein wahrnehmbaren Stoffen dabei stattfinden.

Hier haben wir noch eine wichtige Bemerkung anzuschliessen. Dass die Totalwirkung von Magneten proportional mit der 3ten Potenz der Entfernung abnimmt, ist durch Versuch und Rechnung bestimmt.

Gewöhnlich führt man die Totalwirkung der Magnete darauf zurück, dass die Anziehung oder die Abstossung proportional ist mit dem Quadrate der Entfernung, was Coulomb zuerst experimentell nachgewiesen hat.

Eine geometrische (analytische) Construktion überzeugt uns, dass die beiden Thatsachen vollkommen im Einklange sind, d. h. wenn

die separate Wirkung von je einem Pole allein proportional zum Quadrate der Entfernung wirkt, muss die Totalwirkung beider Pole proportional sein der 3ten Potenz der Entfernnng — oder umgekehrt, wenn die Totalwirkung proportional ist der 3ten Potenz der Entfernung, ist die Theilwirkung proportional mit dem Quadrate der Entfernung.

Die analytische Construktion sagt uns nur, dass die beiden Beobachtungen mit einander rationell im Einklange sind; die analytische Construktion sagt uns aber gar nichts darüber, welche Beobachtung im physikalischen Sinne brauchbarer ist zur fundamentalen Massbestimmnng.

Zu fundamentalen Massbestimmungen ist nun der von Coulomb bewiesene an sich wol richtige, oder annähernd richtige Satz gar nicht tauglich — er ist nur eine beiläufige Folge davon, dass die Totalwirkung der Magnete proportional zur 3ten Potenz der Entfernung ist.

Wenn wir die Totalwirkung des ganzen Magnetes prüfen, erhalten wir experimentell ein rationelles Mass; weun wir nur die Wirkung von einem Pol eines Stabes auf den einen ungleichnamigen (oder auch gleichnamigen) Pol des andern Stabes prüfen, machen wir die Voraussetzung, dass die zwei anderen Pole der Stäbe gar nicht wirken — wir vernachlässigen ihre Wirkung, es sind dabei sogar die Wirkungen auf die Oberflächenatome des Längsschnittes der näheren Nadelhälfte oder Stabhälfte vernachlässigt; das kann man bei nebensächlichen Massbestimmungen von Fall zu Fall thun, wo es uns nicht auf absolute, oder relative allzugrosse Genauigkeit ankommt; aber bei einer fundamentalen Massbestimmung können wir diese Vernachlässigung nicht gelten lassen; sie macht sich auch bemerkbar dadurch, dass experimentell der Erfolg nicht genau mit der Rechnung stimmt. Wie denn auch!

Wenn wir eine Nadel unter dem Einfluss eines grossen Magnetstabes oscilliren lassen, oder drehen lassen, betrachten wir das als Mass einer einseitigen Wirkung vom nähern Stabpole auf den nähern Nadelpol — indessen ist es die Gesammtwirkung des ganzen Stabes auf die ganze Nadel, wobei nnr die zwei nahen Pole durch bedeutend grössere Nähe sehr prävalent wirken.

Wir müssen also prinzipiell darauf bestehen, dass die Totalwirkung von Magneten als Mass der Wirkungen angesehen wird. Diese Totalwirkung ändert sich proportional mit dem Cubus der Entfernung, weil sie wesentlich oder ausschliesslich auf attraktiven Wechsel-Wirkungen von Stoff und Aether beruht.

Dass die Wirkung vom näheren Pol zum näheren Pole, plus der geringeren antagonistischen Wirkung der entfernten Gegenpole (namentlich des Gegenpoles der kleinen Nadel) annähernd dem Quadrate der Entfernung reciprok erscheint, ist nur eine Folge von dem ersteren Gesetz, was sich — analytisch beweisen lässt, wenn man bei der Gesammtwirkung die von einem Pole auf die nähere ungleichnamige Hälfte durch relativ bedeutende Annäherung prevaliren lässt, und die anderen Wirkungen vernachlässigt.

III. Capitel.

Erhärtung der entwickelten Vorstellungen an dem Gefrieren des Wassers. — Ursachen der Volums-Zunahme, der Cohäsionszunahme und der optischen Eigenschaften des Eises nach Aenderung des Aggregatszustandes. — Wesentliche Krystallform des Eises. — Hemiedricen.

Der grösste Theil unseres Wissens über Aether und Aetherzustände besteht gegenwärtig aus den Erkenntnissen im Bereiche der Lichtlehre, und wenn wir uns die mechanischen Wirkungen von Aetherbewegung klar machen wollen, muss es von fundamentaler Wichtigkeit sein, unsere Kenntnisse darüber an Stoffen zu erweitern, bei denen wir durch ihr optisches Verhalten die Richtigkeit unserer Vorstellungen verificiren können.

Ich erlaube mir nun, meine freundlichen Leser vor eine Schale destillirten Wassers einzuladen, wir wollen an dieser Schale Wasser mechanische Aetherwirkungen studiren.

Stellen wir uns eine Wasserdynamide vor, so lehrt uns die Optik, dass wir es mit einer Figur zu thun haben, deren Dimensionen nach allen Raumrichtungen gleich ist, also mit einer tesseralen Gestalt, sei es nun ein Würfel, oder sonst ein Polyeder von vielen oder unendlich vielen Seiten, id est eine Kugel. Die mittlere Aetherdichte ist auch nach allen Raumrichtungen gleich, wir können also annehmen, dass der Attraktionskern beiläufig in der Mitte sitzt, oder doch möglicherweise so wenig aus der Mitte verrückt, dass die Verrückungsgrösse für unsere Wahrnehmung nicht vorhanden ist. Wir haben also wahrscheinlich eine beiläufig sphärische und beiläufig centrische Dynamide vor uns.

Ein Centesimalthermometer sagt uns, dass das Wasser 12^0 Temperatur hat.

Jetzt können wir ein Feuer anmachen, und Aetherschwingungen von nahmhafter Amplitude in das Wasser werfen. Diese Aetherschwingungen übertragen sich auf die Aetherkügelchen unserer Wasserdynamiden (Redtenbacher), und da die Aetherkügelchen zu ihren bedeutenderen Schwingungen mehr Raum brauchen, stossen und hämmern und drängen sie so lange, bis sie mehr Raum haben, sie drängen mittelbar auch die Attraktionskerne auseinander.

Das, wie gesagt, können wir thun und bewirken, aber wir thun es nicht, wir wollen das Wasser zum Gefrieren bringen. Wir umgeben unsere Schale mit Eis.

Jetzt vermindern wir die Aetherschwingungsamplituden im Wasser, indem wir sie zwingen einen Theil ihrer lebendigen Kraft auf die grössere Masse von Aetherkügelchen des Eises abzugeben, die verhältnissmässiger Ruhe — nicht absoluter Ruhe! — pflegen.

Die Aetherschwingungen im Wasser werden jetzt allmälig weniger gross, das Drängen der Aetherkügelchen vermindert sich, und da die Attraktionskerne eben aufeinander Attraktion üben, nähern sie sich einander, so weit es die Schwingungsamplituden der Aetherhüllen gestatten.

Unser Thermometer zeigt 4^0; vergegenwärtigen wir uns die oberste Lage von Wasserdynamiden in unserer Schale. S. *Fig. 11.*

Die einzelnen Dynamiden stehen in überall gleichen Abständen von einander, diese Abstände sind gleichmässig kleiner geworden gegen früher, die Dynamidenkerne haben sich einander genähert, ihre gegenseitige Attraktion hat zugenommen.

Da jetzt die Aetherschwingungen unausgiebiger geworden sind, und die Attraktionsgrösse zugenommen hat, so wird das Attachement zwischen je zwei Nachbaratomen in doppelter Weise angewachsen sein: durch positiven Attraktionszuwachs vermöge der Annäherung, und durch Abnahme der negativen Bewegungsimpulse wegen Verringerung der Aetherschwingungen.

Nun ist es Zeit nachzusehen, ob diese gegenseitige Attraktion, wenn sie eine gewisse Grenze übersteigt, nicht hinreicht eine verschiedene Wirkung auf verschieden gelagerte Moleküle zu üben. Wenn wir die Masse einer Dynamide $= 1$ und ihre Entfernung von Centrum zu Centrum auch $= 1$ setzen, so können wir für die Attraktionsgrösse unter den einzelnen Atomen uns ein Mass bilden.

Nehmen wir zwei beliebige Dynamiden, *Fig. 12 a;* ihre Attraktion beträgt $\frac{1 \times 1}{1^2} = 1$.

Fügen wir eine dritte Dynamide hinzu, *Fig. 12 b;* so ist ihr Centrum von dem Schwerpunkte der beiden anderen entfernt $1 \sin 60^0$, daher die Attraktionssumme $\frac{2 \times 1}{(\sin 60^0)^2} = \frac{2}{0.75}$ bei vieren, bei fünfen, bei sechs oder bei sieben Dynamiden unterscheidet sich das Entfernungsmoment von je einem Dynamidenmittelpunkt zum gemeinschaftlichen Schwerpunkt der andern immer nur wenig von der Grösse 1; es schwankt zwischen 0·75 und 1·5.

Wenn wir sieben Dynamiden vereinigt denken, wie in *Fig. 12 c,* so liegt ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt in der Mitte.

Denken wir uns nun in der Ebene eine achte Dynamide hinzu, so liegt ihr Schwerpunkt vom Schwerpunkt der anderen sieben schon mindestens um die Entfernung $2 \sin 60^0$ entfernt, das Attraktionsmoment beträgt also $\frac{7 \times 1}{(2 \sin 60^0)^2} = \frac{7 \times 1}{3.464}$. Für dieses achte Atom ist der Attraktionscoeffizient gleichsam sprungweise kleiner geworden, oder, genauer gesagt, das Moment der Entfernung von dem Attraktionsmittelpunkte der anderen Atome ist sprungweise grösser geworden.

Nun denken wir uns, die Aether-Atome schwingen fort, aber

mit immer geringeren Amplituden. Die Dynamidenkerne nähern sich, die Annäherung ist aber Funktion der Attraktion, und diese ist relativ grösser zwischen je sieben in einem Kreise herumliegenden, als für die sieben und eine achte. Die sieben schliessen also erstens näher aneinander vermöge der grössern Attraktion; dann muss aber auch ihre Aetherdichte sich verändern. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt, also der Attraktionsmittelpunkt, unserer sieben aneinander gelagerten Atome ist ja von den periferischen Theilen der sieben Dynamiden weiter entfernt, als wie von den inneren Theilen, und da die Attraktion für Aether rasch abnimmt, muss der äussere Aether merklich lockerer werden. Wenn also der Aether innerhalb der Kerne von den sechs periferischen Dynamiden dichter wird, als der Aether ausserhalb dieser Kerne, wird auch der innere Halbmesser der periferischen Dynamiden kürzer, als der äussere, und unsere sechs periferischen Atome sind gleichsam mit ihren Schwerpolen zu dem mittleren als örtlichem Hauptanziehungspunkte polarisirt.

Was wird nun geschehen? Der Aether schwingt fort, mit immer geringeren Amplituden zwar, aber er schwingt fort, und mit ungleichen Amplituden; an der Periferie unseres hexagonalen Scheibchens sind die Aetherschwingungen ausgiebiger, grösser und vorzugsweise in der zur kreisförmigen Berührungslinie der vereinten Dynamiden tangential gelegenen Richtung potent, ein achtes Atom, das sich an sie lagern will, wird jetzt geradezu durch bestimmt gerichtete Bewegungsimpulse verdrängt; namentlich in die kleinen Buchten zwischen je zwei periferischen Dynamiden kann sich keine achte hineinlegen, weil sie von den amplen Schwingungen des hier lockeren Aethers gleichsam hinausgefegt wird. S. *Fig. 12 d.*

Jetzt sind an der Oberfläche des Wassers die einzelnen Dynamiden in solche zierliche sechsstralige Sternchen gesondert, und wir sehen vor allem ein, dass vorausgesetzt, es hätten die einzelnen Dynamiden keine wesentliche Volumsveränderung erfahren, der Raum, den sie jetzt einnehmen, grösser ist als der frühere.

Wir wissen aus Versuchen von Dufour, dass Eis bei 0° C. ein specifisches Gewicht von 0·9178 hat, die Ausdehnung daher 0·0985 vom Volum des Wassers bei 4° C. beträgt; das Volum vom Wasser zu 4° gegen das Eisvolum bei 0° ist also gleich der Proportion 1 : 1·089.

Berechnen wir den Raum, den unsere 49 Dynamiden im Wasser einnehmen gegen den Raum, den sie in den sechsstraligen Eis-Sternchen einnehmen, so entspricht die flächenhafte Ausdehnung einem Raumaufwand von 1·136 : 1, daher muss die einzelne Dynamide vom ursprünglichen Volum eingebüsst haben 0·042, so dass die einzelne Dynamide bei 0° bloss 0·958 Volumraum einnimmt, während durch den luxuriösen Raumverbrauch der sternförmigen Anordnung mehr als dreimal so viel Raum verloren geht, als durch die Verkleinerung der Dynamiden gewonnen wird; daraus erklärt sich die Volumszunahme des Eises beim Gefrieren. Wie erklärt sich die Festigkeit des Eises?

Denken wir uns jetzt die zweite Flächenreihe der Wasseratome unter der obersten, welche in sternförmigen Scheibchen schwimmt. Die Dynamiden der zweiten Schicht liegen je mit ihrem Raummittelpuukte

nicht senkrecht unter dem Raummittelpunkt der ersten obersten Schichte, sondern, wie die Kugeln in einem Kugelhaufen, liegt je eine Dynamide in der Bucht, die zwischen drei Dynamiden gebildet wird, da sie vermöge Attraktion so nahe wie möglich zusammenliegen; wenn sich jetzt in der zweiten Schichte ebenfalls sechsstralige Sternchen bilden, so sind sie um einen halben Dynamiden-Durchmesser in der Fläche gegen die oberen verschoben; in senkrechter Richtung kann die periferische stärkere Aetherschwingung ihnen nichts anhaben, sie kann die unteren Dynamiden nicht wegscheuchen, weil die Schläge von dem Gegendruck der ganzen Wasserhöhe paralysirt werden. In der zweiten Fläche sind also wieder sechsseitige Blättchen, die aber nicht senkrecht unter den oberen Blättchen liegen, sondern mit ihren einzelnen Kügelchen wie Klammern zwischen den Kügelchen der oberen liegen. In der dritten Fläche sind die Blättchen wieder um $\frac{1}{2}$ Dynamiden-Durchmesser verschoben u. s. w., während Fläche an Fläche eng aneinander liegend bleibt. Dadurch kömmt immer je ein Blättchen mit einem Theil seiner Fläche auf den Zwischenraum zwischen zwei Blättchen der nächst obern oder nächst untern Eisscheibchenfläche zu liegen; bei den einzelnen Dynamiden im Blättchen ist das Entfernungsmoment durch excentrische Lagerung der Kerne von je sechs periferischen Dynamiden nahezu verdoppelt, und das Attraktionsmoment oder die Cohäsionsgrösse daher vervierfacht worden, wodurch die Dynamiden in je einem Blatt fest zusammenhängen, und weil die einzelnen Blätter durch die eigenthümliche klammerartige Anlagerung der anderen zusammengehalten werden, ist leicht einzusehen, dass die Cohäsion des Eises um so vieles grösser wird, als die des Wassers.

Nun liegen in je einer Gefrierfläche die Dynamiden durchschnittlich lockerer, als in einem Flächenstück, das ich mir senkrecht auf die Gefrierfläche gelegt denke, weil ja die Raumverschwendung nur in den Gefrierflächen selbst stattfindet, die enge Anlagerung von Fläche an Eläche aber, wie wir gesehen haben, durch die Aetherschwingungen nicht gestört wird, wegen des den Aetherschlägen entgegenstehenden Wasserdruckes (Druck nach oben); daraus folgt aber nothwendig, dass die mittlere Stoffdichte, und resultirend auch die mittlere (durchschnittliche) Aetherdichte in der auf die Gefrierfläche senkrechten Richtung grösser ist, als die mittlere Stoff- und Aether-Dichte in der Gefrierfläche; und dass senkrecht gedachte Flächen den Lichtstralen grösseren Bewegungswiderstand setzen werden, wenn sie Schwingungen in ihrer Ebene erfordern.

Dass dies der Fall ist können wir uns überzeugen, wenn wir aus unserem Eise ein Prisma machen, dessen brechende Kante parallel ist der Gefrierfläche, und ein Prisma, dessen brechende Kante senkrecht zur Gefrierfläche geschnitten ist; das erste setzt den durchtretenden Stralen mehr Widerstand entgegen, es bricht das Licht stärker, dessen Stralen parallel der Kantenebene (und parallel zur Gefrierfläche) durchgehen, wenn die Schwingungen in Ebenen erfolgen, die senkrecht zur Gefrierfläche stehen — weil in diesen Ebenen die Dynamiden dichter liegen und der Aether dichter ist; das andere Prisma zeigt uns in Bezug auf seine brechende Kante das engegengesetzte

Verhalten; kurz das Eis ist, wie bekannt, ein positiv einaxig doppelbrechender Krystall, und die optische Achse steht auf der Gefrierfläche senkrecht.

Wir sehen, worauf es bei der Eisbildung wesentlich ankömmt: durch die Raumlage gestalten sich wegen Ueberwiegens der Attraktion zwischen Dynamiden-Kern und Kern Attraktionsverschiedenheiten, und diese Attraktionsverschiedenheiten treten als Bewegungsimpulse auf, sie erzeugen Polarisation in einzelnen Dynamiden, und durch die Polarisation wird eine ganz bestimmte, richtende Wirkung auf die Aetherschwingungen geübt; nach einer Ebene ist die Wirkung exquisit, nach einer zweiten Ebene im Raume stehen ihr namhafte Bewegungswiderstände entgegen — den Erfolg kennen wir; wir sagen das Wasser hat seinen Aggregatszustand geändert.

Der hier beschriebene Vorgang ist der gewöhnliche, und in der That ist das reine hexagonale Prisma die vorwaltende Krystallform des Eises, wir sehen sie am Eise (TYNDALL), und wir bewundern ihre regelmässige, zierliche Form in den Schneeflöckchen. Doch kann der reine Typus gestört werden. Wenn ganz geringe Wassermengen in Form von Dampf oder Thau an festen Körpern in schiefen, oder senkrechten Flächen adhäriren, wenn vielleicht gelöste oder aufgeschwemmte Körperchen einseitige Attraktionsphänomene erzeugen, ja die Windrichtung bei einem fallenden Wassertropfen, der im Fallen gefriert und warscheinlich manche andere Einwirkung kann entweder einseitige oder unsymmetrische Bewegungsimpulse componiren, und so können anstatt sieben nur zwei oder drei oder vier Atome gegeneinander polarisiren; wenn nun solche zwei oder drei oder vier verbundene Atome einen Krystallisationsmittelpunkt abgeben, wird es selbstverständlich zu anderen Krystallgestalten kommen; zumeist entstehen Hemiedrieen, wie wir sie an den Stralenblättchen der Eisblumen in augenfesselnder Schönheit entwickelt sehen; und wenn paarig polarisirte Atome den Krystallkern bilden, können Nadeln als Zwillingskrystalle u. s. w. entstehen.

IV. Capitel.

Chemische Bewegungen. — Specielle Darstellung der Bewegungen bei der Verbindung von Chlor und Wasserstoff unter dem Einflusse von Licht. — Mechanische Ableitung der differenten chemischen Wirksamkeit der verschiedenen homogenen (einfarbigen) Lichtsorten. — Allgemeine mechanische Darstellung des Zustandekommens von chemischen Verbindungen und Lösungen. — Aetherdichte chemisch verschiedener Stoffe. — Wünschenswerthe Massbestimmungen. — Zwillingsdynamiden. — Schematische Reihen der chemischen Beweglichkeit für die Elementarstoffe. — Anzuhoffende Fortentwickelung einer rationellen Atomen-Lehre.

Nachdem wir uns — ich möchte fast sagen augenscheinliche — Gewissheit erworben haben, dass wirklich derlei Vorgänge in der Natur um uns her zu Stande kommen, wie wir sie von eigenthümlich vorwaltend gerichteten Schwingungen des an Ponderabilien gebundenen Aethers erwarten; nachdem wir gesehen haben, dass wir das eigenthümlich Richtunggebende in den ponderablen Stoffkernen suchen müssen, wenn diese ihre attraktiven Wirkungen nicht nach allen Raumrichtungen gleich stark bethätigen können; nachdem wir mit einem Worte gesehen haben, dass polarisirte Dynamiden andere Bewegungsimpulse erzeugen, wie centrische, wollen wir die universellste und wichtigste Anwendung von unserer Vorstellung machen, wir wollen zusehen, wie durch die polarisirende Wirkung eiuer einfachen Dynamide die so auffallend erscheinende Bewegung zu Stande kömmt, deren Erfolg wir als chemische Veränderung zu bezeichnen gewohnt sind.

Da diese sogenannten chemischen Bewegungen der Atome in praxi viel häufiger zur Erzeugung sogenannter elektrischer Erscheinungen benützt werden, als Bewegungen mechanischer oder thermischer Art, da also die elektrischen Erscheinungen vorzugsweise wieder auf eigenthümlich gerichtete Aetherbewegungen zurückzuführen sind, welche aus chemischen Bewegungnn durch specifische Richtung der Aetherschwingungen erzeugt werden, so werden wir den Spuren der chemischen Polarisation in mehrfacher Hinsicht mit erhöhtem Interesse zu folgen haben.

Gelingt es uns in Einem Falle zu zeigen, dass die chemische Verbindung ausschliesslich eine Folge von bestimmten und bestimmbaren Bewegungsimpulsen ist, deren Resultat wir nach den einfachen

Gesetzen der Mechanik ableiten können, so werden wir das Recht haben anzunehmen, dass alle Erscheinungen in der Natur, zunächst alle Erscheinungen in der unorganischen Natur, darunter die so dunkel scheinenden Irrgänge der chemischen Wahlverwandtschaft nichts mehr sind, und nichts weniger, wie Probleme der Mechanik.

Wählen wir unsern Fall!

Wir nehmen ihn zunächst möglichst einfach, und wählen ihn aus dem Bereiche der Wirkungen, welche das Licht erzeugt, weil wir hier den Motor als unzweifelhafte Aetherschwingung kennen.

Wir wählen eine Dynamide Chlorgas und eine Dynamide Wasserstoffgas, welche wir zusammenbringen — vorläufig im dunkeln Raum.

Die beiden Dynamiden haben als Gase unter gleichem Druck (bei gleicher Temperatur) gleiches Volum; ihre Kerne haben aber nicht gleiches Gewicht; der Chlorkern wiegt 35·5 wenn der Wasserstoffkern = 1 wiegt. Da der Chlorkern mehr Masse hat, hat er auch mehr Attraktionspotenz, und wird also in gleichem Raume eine dichtere Aetherhülle haben. Nun die beiden gleich grossen, aber nicht gleich dichten und nicht gleich schweren Dynamiden beisammen sind, werden sie aufeinander auch attrahirend wirken, da die Dunkelheit bekanntlich kein Hinderniss ist für Attraktionserscheinungen.

In der Mechanik gilt noch das Recht des Stärkern, und so können wir das Chlor als gewaltigen, ruhenden Attraktionspunkt ansehen, während der leichte Wasserstoff das Mobile ist.

Um eine Grundlage für die Rechnung zu gewinnen, nehmen wir erstens den Durchmesser unserer Dynamiden sowol Cl als $H = 1$ an, dann theilen wir den ganzen Aether des Mobile H in zwei Hälften, eine Hälfte, die dem Cl näher ist, und die andere Hälfte, die vom Cl entfernter ist; so lange wir uns die Atome centrisch denken, liegt natürlich der Kern vom H in der Mitte zwischen seinen beiden Hälften.

Die Attraktion vom Kern Cl zum Kern H wirkt demnach in der Entfernung 1; für die nähere Aetherhälfte des H ist die mittlere Entfernung von Cl zu allen Aetherkügelchen $= 0{\cdot}75$ und für die entferntere Aetherhälfte ist die mittlere Entfernung $= 1{\cdot}25$.

Der Kern vom Wasserstoff ist einer Attraktion verfallen, die von Seite des Cl-Kernes gleich ist $\frac{35{,}5\ A}{(1)^2}$, seine nahe Aetherhälfte $\frac{35{,}5\ A}{(0.75)^3}$ und die fernere Aetherhälfte $= \frac{35{,}5\ A}{(1.25)^3}$

Auf die nähere Aetherhälfte von H wirkt Cl mit der Kraft $83\,A$, auf den Kern mit $35{,}5\,A$ und auf die fernere Aetherhälfte mit $18\,A$; H, wird sich daher erstens dem Chloratom nähern, und zweitens werden die zwischen seinem Kern und dem Chloratom liegenden Aetherkügelchen sich wesentlich verdichten; damit ist aber die Entfernung des Kernes von H zur inneren Periferie (die zwischen H und Cl liegt) kleiner geworden, als die Entfernung zur äusseren Oberfläche, d. i. wieder kurz gesagt, H hat seinen Schwerpunkt zu Cl polarisirt. Da auch die äussere Aetherhälfte durch die Attraktion von Cl sich in geringerem Grade verdichtet, und gegen Cl bewegt, wird jetzt die Contour unserer zwei Atome beiläufig sein wie *Fig. 14* zeigt.

Wie sich weiters die Form der beiden vereinigten Dynamiden gestaltet, ist zunächst wenig von Belang; warscheinlich ist, dass sich das Raumersparniss wegen Verdichtung des Aethers im *H* ausgleicht durch eine relative Lockerung des (immer bewegten) Aethers im Chloratom, so dass schliesslich beide Atome in ihrer gemeinschaftlichen Contour warscheinlich ein Sphäroid oder ein Rotationsellipsoid bilden, dessen Volum dem ursprünglichen Volum beider Atome gleich ist.

Was uns mehr interessirt, als die Formveränderung der äusserlich vereinigten, aneinander gelagerten Atome, ist der Zustand der Aetherdichte, wie er in den verschiedenen Regionen des fraglichen Körpers sich nothwendig herstellen musste. Wenn *PP' (Fig. 15)* die gemeinschaftliche Achse der durch Attraktion vereinigten zwei Dynamiden darstellt, ist jedenfalls die mittlere Aetherdichte zwischen *P'* und *H* also am Wasserstoffende geringer, sogar bedeutend geringer, als in den übrigen Theilen des Körpers, weil der wesentliche Attraktionskern *Cl* von dieser Region am weitesten entfernt ist.

Alle Bewegungen, welchen der Aether in diesem Körper verfällt, werden bei *P'* am ausgiebigsten sein, und werden der Richtung nach als wesentlich tangentiale, senkrecht zur gemeinschaftlichen Achse erfolgend aufgefasst werden müssen, oder als wensentlich tangential zu dem Sphäroid oder dem Rotationsellipsoid der vereinigten Dynamiden.

So lange die beiden Gase in Dunkelheit bei nicht hoher Temperatur sind, werden die Schwingungen aller Aethermoleküle keine grossen Amplituden haben, der Unterschied der Schwingungsgrösse des dichten und des lockeren Aethers bringt keine wesentliche Veränderung hervor. — Die oscillirenden Bewegungen des Aethers, wenn auch verschiedener Stärke, können in der Stellung und Entfernung der beiden Stoffcentra keine Veränderung herbeiführen.

Nun lassen wir Licht zu der Mischung — zunächst Licht von der Wellenlänge des spektralen Roth — die Aetherbewegungen dieser Lichtsorte sind bekanntlich die langsamsten im sichtbaren Spektrum, sie vermehren zwar die oscillatorischen Bewegungen des Aethers in der Doppeldynamide, aber auch jetzt tritt keine Veränderung in der Entfernung von *Cl* zu *H* ein, sei es dass die langsamen Aetherbewegungen überhaupt noch nicht die trägen Stoffkerne bewegen können, oder dass die langsamen Schwingungen beide Stoffkerne mit geringer Verschiedenheit bewegen, und eine wesentliche Veränderung nicht eintritt.

Jetzt lassen wir Licht zu von der Wellenlänge des spektralen Violett. Das sind Aetherschwingungen von grösserer Geschwindigkeit.

Wie ein langsam fliessendes Wasser viel weniger Bewegung überträgt auf darin aufgeschwemmte Körper, während ein rascher Strom leicht die Trägheit schwerer darin befindlicher Massen überwindet, und sie mitreisst, so wird der rasche Aetherstrom des violetten Lichtes leichter die Trägheit der Stoffkerne überwinden, als die langsameren Schwingungen des rothen Lichtes.

Zunächst wird warscheinlich der Wasserstoffkern bewegt, weil die schwerere Masse des *Cl* Kernes ein viel grösseres Trägheitsmoment hat, und jetzt muss ein Moment eintreten wo der Chlorkern noch als relativ ruhend gedacht wird, während der Wasserstoff-Kern schon in lebhafte Mitbewegung gekommen ist.

Unter welchen Bewegungsimpulsen steht jetzt der Wasserstoffkern ?

Unter den tangentialen Bewegungsimpulsen der lockeren Aetherpartieen einerseits, und unter der Attraktion des relativ ruhenden Chlorcentrums anderseits — eine Attraktion die wir uns allenfalls vermindert denken müssen um den Bewegungswiderstand des dichteren Aethers; aber schliesslich kommt der Wasserstoffkern wesentlich in Bewegung unter zwei Bewegungsimpulsen: der eine zieht ihn attraktiv zum Chlor, der andere Bewegungsimpuls treibt ihn wesentlich tangential zu Mitschwingungen.

Wenn ein Körper unter zwei so gearteten (senkrecht zu einander gerichteten) Bewegungsimpulsen steht, hängt es bekanntlich von der relativen Stärke beider Impulse ab, welchen Weg das Mobile nimmt. Dieser Weg kann, in eine Ebene projicirt, bekanntlich alle Formen der Kegelschnittslinien nehmen, er kann Kreis ebensowol wie Ellipse, ebensowol hyperbolisch wie parabolisch werden.

Betrachten wir die unendlich kleinen Bewegungen, die der Wasserstoffkern unter dem Einfluss der zwei combinirten Bewegungsimpulse empfängt, der Einfachheit halber als Stücke einer Kreislinie, so müssen wir noch immer daran denken, dass es je nach der relativen Stärke der beiden Bewegungsimpulse Kreislinien sein werden, deren Halbmesser gleich sind der Entfernung des Attraktionspunktes, dann wird die Entfernung des Mobile unverändert bleiben, oder dieses beschreibt Stücke einer Kreislinie, deren Halbmesser kleiner ist, als die Entfernung des Atttraktionsmittelpunktes, dann nähert sich das Bewegliche dem attrahirenden Kerne, oder endlich, dass die von der Bewegung gezeichneten Linienstücke einem Kreise von grösserem Halbmesser angehören, dann entfernt sich der bewegliche Körper vom attrahirenden.

In unserem Beispiele kennen wir den zu erwartenden Erfolg — nicht durch Rechnung leider! aber — aus Erfahrung.

Wir müssen uns also vorstellen, dass die Attraktionsgrösse relativ stärker ist als das Moment der tangentialen Bewegungsimpulse; denn wir wissen, dass unter den obwaltenden Umständen der Wasserstoffkern in die Aetherhülle des Chlors hinein geräth — und wie wir uns vorstellen, dass ein Meteorstein, dass Trümmer von im Aether kreisenden Stoffmassen auf die Erde fallen, wenn sie dieser zu nahe kommen, eben so können wir uns vorstellen, fällt schliesslich der kreisende Wasserstoff in die Hülle des Chlors. Die Reibung am dichten Aether und der Stoss des auffallenden Körpers erzeugt Bewegungen im Aether, und im Stoff, wir sehen unter Umständen Licht- und Wärme-Erscheinungen, ja wenn die Schwingungen auf die atmosphärische Luft sich übertragen, sprechen wir von einer Detonation....

Ausgegangen sind die Bewegungen von Aetherbewegungen, die wir als Licht bezeichnen, und zwar sind Bewegungen von bestimmter Wellenlänge geeigneter solche Stoffbewegungen hervorzubringen, aber nur weil sie rascher sind, und daher schneller grosse Differenzen in der Bewegung verschieden schwerer Körperkerne hervorbringen; deswegen sind die raschschwingenden Theile des Spektrum chemisch wirksam, und die längerwelligen, langsam schwingenden Stralen des Spektrum sind chemisch „unwirksam“, oder doch verhältnissmässig sehr wenig wirksam.

Auch die ultravioletten Stralen des Spektrum, solche Stralen die in unserer Netzhaut keine Empfindung mehr hervorrufen, sind noch chemisch sehr wirksam; wenn sie nichts desto weniger bei photografischen Darstellungen des Sonnenspektrum langsamer wirken als die bläuen und violetten Stralen, so müssen wir bedenken, dass die ultravioletten Stralen viel mehr zerstreut sind durch das vorgesetzte Prisma, dass also auf ein gleich grosses Flächenstük des chemischen Papieres viel weniger, schütterer gelegene Stralen fallen.

Aber das Licht als Aetherbewegung bringt Bewegungen im Aether hervor, welcher den Stoffen adhärirt, und so enstehen Bewegungen, die eventuell auf die ponderablen Stoffkerne übertragen, diese unter Umständen einander nähern oder von einander entfernen; wir sagen dann es habe eine chemische Verbindung oder eine chemische Lösung stattgefunden; in unserem angezogenen Falle waren Aetherschwingungen das erst bewegende — Schwingungen, deren wesentlichen Erfolg wir sonst als Licht zu bezeichnen pflegen; ein anderesmal sind es unsichtbare Aetherschwingungen, nämlich solche, die nicht leuchtende, stralende Wärme erzeugen, oder es ist fortgeleitete Wärme, oder es sind sonstige wie immer erzeugte Bewegungsphänomene, die sich ausbreitend Bewegung erzeugen. So wie die photo-chemischen Vorgänge rein mechanisch, und nur mechanisch erklärbar sind, sonst aber nur als mysteriöse Geschehnisse angestaunt werden müssen, so sind alle chemischen Verbindungen und Lösungen einzig und allein auf mechanische Gesetze zurükzuführen und dadurch zu erklären. In unserem Falle, beim Chlor und beim Wasserstoff war das Bewegungsresultat eine chemische Verbindung der beiden Stoffe.

Wir können uns indessen den Fall ganz im Allgemeinen complizirter denken.

Wenn auf der gedachten Achse einer begrenzten Raumfigur anstatt zweier, drei oder mehrere Stoffcentra sich befinden (siehe *Fig. 16*) so wird immer ein Kern, der schwerste von allen, als relatives wenig bewegliches, oder relativ unmobiles Attraktionscentrum angesehen werden können, während die anderen, je nach ihrer Masse, und je nach der Elongation der nächstliegenden Aetherschwingungen, die sich auf sie als tangentiale Bewegungsimpulse übertragen, Stücke verschieden grosser Kreislinien beschreiben, und es muss je ein Stoffkern seine Entfernung von je einem andern vergrössern, und seine Entfernung von je einem dritten eventuell verkleinern — so werden Stoffkerne von einander entfernt, die sich früher nahe waren, und Stoffkerne werden einander genähert, die früher von einander ferne waren.

Nach dem heutigen Stande unseres Wissers können wier diese Bewegungen und ihre Resultate allerdings nur errathen, oder nach Erfahrungen vorhersagen — wir können sie nicht berechnen; nicht weil sie unberechenbar wären, sondern weil uns die Ziffern zur Rechnung fehlen, weil uns halbwegs brauchbare Massbestimmungen fehlen, welche wir unserer Rechnung unterlegen könnten.

Aber es wäre wol nicht allzu sehr verfrüht, wenn wir den Versuch machen wollten, uns solche Massbestimmungen zu schaffen.

Derlei Massbestimmungen sind mit relativer Genauigkeit wol schwierig, aber die entgegenstehenden Hindernisse sind nicht unüber-

windlich; mit Hilfe der schon ziemlich reichen Erfahrung können derlei Massbestimmungen, wenn auch anfangs wenig genau, wenigstens versucht werden, und die diesfälligen Bemühungen werden gewiss fruchtbar sein für die stetige Erweiterung unserer Natur-Erkenntniss; der einheitliche Ausbau der Naturwissenschaften wird auf diesem Weg viel rascher fortschreiten, als wenn wir wie bisher in Resignation uns mit einem Worte begnügen, das heute fast schon anachronistisch klingt — das Wort: Wahlverwandtschaft — affinitas!

Einzelne sehr wichtige Massbestimmungen, welche hier in Frage kommen, sind zum Theil schon mit leidlicher Genauigkeit in die Wissenschaft eingeführt — sie betreffen die relative Grösse, und die relative Schwere der einzelnen Dynamiden, sie sind als Atom-Volum und als Atom-Gewicht, dann als Aequivalent-Volum und Aequivalent-Gewicht ziemlich genau bekannt.

Eine der schwierigsten exakten Bestimmungen, und dabei eine der wünschenswerthesten wäre wol die der relativen Aetherdichtigkeit in den Dynamiden der verschiedenen, chemisch einfachen und zusammengesetzten, Körper.

Bei einem und demselben Gase können wir die Aetherdichte proportional setzen seinem specifischen Gewichte, und es läge die Voraussetzung nahe, überhaupt das specifische Gewicht eines Körpers bei einer bestimmten Temperatur, als ein gleichwerthiges Ersatzmass anzusehen für die Aetherdichte; aber schon wenn wir zwei Gase mit einander vergleichen zeigt es sich, dass diese sehr bequeme Voraussetzung untriftig ist, und ebenso sehen wir bei anderen Aggregatszuständen, dass die Erfahrung dieser einfachen mechanischen Auffassung widerspricht.

Gerade aus diesem Widerspruche — so scheint es mir — entspringt ja wesentlich unsere Neigung, in den Stoffen ausser ihrer einfachen mechanischen Wirkungspotenz noch andere qualitativ verschiedene Potenzen zu suchen. Die unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen bei allem physikalischen und chemischen Geschehen scheint uns viel zu gross, als dass es einladend erschiene, all' die Mannigfaltigkeit der Erscheinungswelt auf unscheinbare Unterschiede mechanischer Zalenwerthe zurückführbar zu denken, wie auf Volum, Schwere, Aetherdichte, oder endlich auf die Lagerungsverschiedenheiten von Stoff und Aether innerhalb der untheilbaren Einheiten, aus denen die Stoffe nach unseren heutigen Vorstellungen bestehen.

Ja, wenn wir auch nur die verschiedene Aetherdichte in verschiedenen Körpern betrachten, scheint es bei oberflächlicher Betrachtung, dass wir schon da eine in mechanischem Sinne ganz unkonsequente Ausflucht suchen müssten, indem wir uns etwa vorstellten, dass der Sauerstoff z. B. eine specifisch andere, gewissermassen qualitativ verschiedene, und nicht nur von seiner mechanischen Wirkungscapacität abhängige Attraktion auf den Aether übe, wie der Wasserstoff oder irgend ein anderes chemisches Element.

Doch ist eine solche inkonsequente Ausflucht gar nicht nöthig. Da wir ohnehin annehmen, dass der ponderable Kern der Dynamiden grösser ist als die ihm adhärenten einzelnen Aetherkügelchen, so geben wir schon zu, dass dieser Kern (das ponderable Stoff-Atom) jedenfalls

nicht logisch untheilbar sei, wenn uns auch die Erfahrung lehrt, dass in der Natur jetzt keine Potenzen wirken, welche ihn theilen möchten oder könnten. Sobald wir das zugeben, fällt jede Nöthigung weg, in den einzelnen Dynamidenkernen qualitative Verschiedenheiten zu suchen, da die quantitativen Verschiedenheiten ausreichen, um alle Verschiedenheiten im chemischen und physikalischen Verhalten der Stoffe zu erzeugen.

Wenn wir annehmen, dass der ponderable Kern einer Sauerstoffdynamide an sich aus einem Aggregate von Theilchen besteht, welche in grösserer Anzal dichter gelagert sind, als die gleichen constitutirenden Theilchen in einer Wasserstoffdynamide, so wird auch das specifische Aetherbindungsvermögen des Sauerstoffes ein anderes sein müssen, wie das vom Wasserstoff.

Unter den jetztigen Verhältnissen der Erde kann aus Sauerstoff kein Wasserstoff gemacht werden, oder umgekehrt; nichts desto weniger können beide Stoffe ursprünglich aus gleichen Urbestandtheilen entstanden sein, unter natürlichen Bedingungen, welche von den jetzigen verschieden sind.

Wie die Bedingungen heute sind, lässt sich eine Dynamide Wasserstoff — ein Atom oder ein Aequivalent Wasserstoff — nicht weiter theilen, auch eine Dynamide = ein Aequivalent Sauerstoff lässt sich nicht weiter theilen, d. h. wir beobachten, dass sie nie weiter getheilt werden, aber wie diese heute untheilbaren Stoffeinheiten constituirt sind, erzeugen sie vermöge ihrer verschiedenen mechanischen Potenzen ganz bestimmte, von einander verschiedene Bewegungsvorgänge, die zu erkennen das wesentliche Ziel unserer wissenschaftlichen Bestrebungen sein muss; denn diese verschiedenen Bewegungsvorgänge allein sind es, welche das so auffallend mannigfache Spiel der Erscheinungswelt bilden.

Hier regt sich ein wichtiges Bedenken, das uns scheinbar Resignation auferlegt.

Die Dynamidenkerne an sich können wir nicht darstellen, und wir haben kein Mittel, uns über ihre Grösse oder Dichte Vorstellungen zu machen; auf diesen Anhaltspunkt für Bestimmungen von Aetherdichten müssen wir verzichten. Hier scheint eine Schranke zu sein, über die unser Rechengriffel nicht hinauskömmt — allerdings! aber umgehen können wir diese Schranke: wenn wir versuchen wollten, unsere Beobachtungen in Zukunft mit Rüksicht auf die hier entwickelten Vorstellungen anzustellen, müsste sich aus verschiedenen Vorgängen, zunächst etwa aus calorischen Veränderungen in den einzelnen Stoffen ebenso ein annäherndes Bild über die Aetherdichte gewinnen lassen, wie wir es bisher annährend aus dem optischen Verhalten der diaphanen Stoffe gewinnen. Es müsste ferners im Zusammenhange damit gelingen, für die Relation zwisehen Aetherbewegung und Temperatur aus der specifischen thermischen Ausdehnung der Körper ein Mass zu finden, wodurch einschlägige Rechnungen ermöglicht würden.

Die Wärmelehre, deren Fortentwickelung auf mechanischer Grundlage in den letzten Jahrzehnten so rasche Fortschritte gemacht hat, müsste nicht nur ermuntern, alles natürliche Geschehen unter verwandten Gesichtspunkten einheitlich anzuschauen, sondern sie könnte schon heute geradezu aufklärend für noch dunkle Partieen der Naturwissenschaft

werden, wie es die auf gleicher Grundlage aufgebaute Optik schon ist, und immer mehr sein wird, ja näher sie ihrem bald anzuhoffenden Abschlusse kömmt.

Die calorischen Erscheinungen wären nicht nur allgemeiner zu verwerthen, als die optischen, sondern sie wären vielleicht sogar relativ verlässlicher; denn bei den Licht erzeugenden Schwingungen der Aetherkügelchen innerhalb ponderabler Stoffe ist noch immer an die Möglichkeit zu denken, dass nur die lockeren periferischen Schichten an den Bewegungen ausschlaggebend Theil nehmen, und die dichteren Kernschichten nur in nicht weiter bestimmbarer Weise als Bewegungswiderstände zur Geltung kommen; oder dass bei einem Körper mehr, weniger die Kernschichten, oder auch die ponderablen Kerne selber an den Bewegungen Theil nehmen, bei anderen Körpern aber nicht; bei den Wärmebewegungen können wir die Bewegungsresultate der Stoffcentra selber messen, wir können diese Bewegungen als deutlicheren Massstab benützen, wobei wir wissen, dass die Bewegung alle Aethertheilchen mit ergriffen hat.

Freilich wäre schon viel gewonnen, wenn wir zunächst auch nur über die Dichte der periferischen Aetherschichten bestimmte Vorstellungen fassen könnten; denn gerade diese müssten für die chemische Beweglichkeit der einfachen Stoffe hauptsächlich bestimmend sein. Wäre es gestattet, die Verschiedenheiten der Grösse oder der Dichte bei den ponderablen Dynamidenkernen zu vernachlässigen, so müsste man annehmen, dass die Dichte der periferischen Aetherlagen in den Dynamiden proportional sei dem specifischen Gewichte der Körper, da die Aetherdichte von der Masse und Entfernung des Stoffkernes abhängt. Wir müssen uns jedoch, wie schon bemerkt, gegenwärtig halten, dass wir damit kein genaues Mass, sondern höchstens ein beiläufig relatives Annäherungsmass gewinnen.

Dass mit der Lockerung der Stoffe auch die Verminderung der Aetherdichte Hand in Hand geht, ist sowol bei Gasen, als auch bei diaphanen Körpern von anderen Aggregatszuständen erfahrungsmässig bekannt; so nimmt z. B. das Lichtbrechungsvermögen des Wassers, und mancher anderen Stoffe mit zunehmender Temperatur ab.

Wenn wir die Beweglichkeit des Aethers als Folge seiner Lockerheit auffassen, und wenn wir berüksichtigen, dass lockerer Aether im dichtern immer leichter Bewegungen einleitet, als umgekehrt, so ist leicht einzusehen, in welchem Sinne wir uns die chemische Beweglichkeit der einfachen Körper als Funktion von der Lokerheit ihres Aethers abhängig vorstellen sollen.

Was ausserdem die chemische Veränderlichkeit oder Beweglichkeit der einzelnen Elemente in ganz ausgezeichneter Weise erhöhen muss, ist nach Allem, was wir bisher uns klar zu machen versucht haben, die Leichtigkeit, mit der die betreffenden Dynamiden oder chemischen Einheiten ihre centrische Anordnung aufgeben, die Leichtigkeit mit der sie polarisirt werden.

Es ist gewiss, dass ein bestimmtes Verhältniss, zwischen specifischer Kerndichte und Aetherdichte, besonders günstig sein mag für diese Lageveränderung des Kernes in Ansehung zu den umgebenden Aetherschichten der einzelnen Dynamiden.

Vorläufig ist wol nicht abzusehen, dass wir Massbestimmungen erhalten könnten, die uns ermöglichen, theoretisch hierüber etwas auszumachen; indessen können wir aus der Erfahrung einen sehr wichtigen Fingerzeig ableiten.

Die Polarisation haben wir zuerst an Eisen kennen gelernt; es polarisirt ziemlich leicht unter dem alleinigen Einfluss der achsendrehenden Erde.

Nun kennen wir eine bemerkenswerthe chemische oder atomistische Eigenschaft des Eisens, welche sehr bedeutsam ist. Eisen sowol, wie die in sogen. magnetischer Beziehung dem Eisen nahe stehenden Metalle Nickel, Kobalt, Chrom haben ein Atomgewicht, das zweimal so gross ist, wie ihr chemisches Aequivalentgewicht.

Das Aequivalentgewicht eines Körpers bezeichnet uns das Gewicht einer faktisch untheilbaren Einheit. Alle jetzt in der Natur wirkenden Potenzen können erfahrungsgemäss diese Körpereinheiten nicht weiter theilen, oder theilen sie nicht.

Die chemische Erfahrung sagt uns nun, dass im Eisen-Atome zwei solcher absolut untheilbarer Aequivalenteinheiten enthalten sind. Diese Erfahrung wollen wir benützen.

Denken wir uns zwei einheitliche Körperchen, oder Dynamiden, die je eine Aequivalenteinheit Eisen repräsentiren, nebeneinander gelagert, und ihre Schwerpunkte znm nähern Erdpole gekebrt (S. *Fig. 17 a*), so wird jeder merkliche Bewegungsimpuls ihre Aetherhälfte zum Schwingen anregen in Richtungen, die senkrecht zur Polachse sind. Dadurch werden die Schwerpole sich einander zukehren (*Fig. 17 b*). Diese zwei Körperchen sind jetzt zum Erdpole und zu einander polarisirt. Wenn die beiden Polarisationen bis an die äusserst mögliche Grenze mit einander combinirt sind, werden die Körperchen etwa so lagern, wie *Fig. 17 c* andeutet. Wir haben jetzt ein Zwillingsatom vor uns, das seinen Schwerpunkt zum nähren Erdpole kehrt. Dieses Zwillingsatom repräsentirt uns ein Eisenatom, welches bekanntlich zweimal so viel wiegt, wie ein chemisches Aequivalent von Eisen, das in verschiedene Verbindungen eingeht, nachdem es sich von seiner Zwillingshälfte getrennt hat. Ein so polarisirtes Atom muss schon leichter an chemischen Bewegungen Theil nehmen, weil es grössere Verschiedenheiten der Aetherdichte an seinen periferischen Regionen hat, die zu richtenden Bewegungsimpulsen führen, und weil in dem Falle der doppelsinnigen Polarisation die ponderablen Attraktionskerne periferisch liegend auch vermöge grösserer Attraktionskapacität stärkere Bewegungen einleiten.

Aber selbst für den weiters denkbaren Fall, dass zwei Zwillingshälften in einer Zwilligsdynamide nicht zum nähern Erdpole, sondern nur gegeneinander polarisirt sind (s. *Fig. 18*) werden sie auch chemisch leichter beweglich sein.

Wenn wir uns vorstellen, dass eine Zwillingsdynamide gleich gross, gleich schwer sei, und gleich dichten Aether habe, wie eine einfache Dynamide, so hat jene vor dieser noch immer die Theilbarkeit voraus, und wird daher leichter unter Umstände kommen, die ihr eine chemische Aktion ermöglichen.

Wie ferner das Zwillingsatom getheilt ist, bringt es schon gleichsam die fertige Polarisation mit sich, oder hat von vorne herein

die Eigenschaft, leicht zu polarisiren, und hat also jedenfalls günstigere Bedingungen, chemische Bewegungen einzuleiten oder mitzumachen.

Mit vollem Recht können wir daher voraussetzen, dass im Allgemeinen Zwillingsdynamiden an sich mehr zu chemischen Veränderungen taugen werden, als Dynamiden, welche gewöhnlich alleinstehend, und centrisch sind, denen also vermöge des Verhältnisses von Kern und Aetherhülle das Polarisiren erschwert zu sein scheint.

Wir kennen eine ganze Reihe von chemischen Elementen, bei denen (wie bei dem Eisen) das Atomgewicht zweimal so gross ist, wie das Aequivalentgewicht, bei welchen Stoffen wir zur Annahme berechtigt sind, dass ihre Atome gewöhnlich als Zwillingsdynamiden bestehen, deren Zwilligshälften einander ihre Schwerpunkte zukehren.

Bringen wir alle chem. einfachen Stoffe in eine Reihe, welche uns ein Bild ihrer chemischen Beweglichkeit geben soll, und trennen wir die Stoffe mit einfachem Atomgewichte von den Stoffen, deren Atomgewicht schon eine physikalische Verbinduug zweier Dynamiden andeutet.

Zuerst kommen die Stoffe mit Zwillingsatomen, als chemisch beweglichere, nach ihren specifischen Gewichten geordnet.

TABELLE I.

BENENNUNG	Zeichen	Gewicht			Aequiv. Volum	Anmerkung
		Aequiv.	Atom-	Specif.		
Sauerstoff	O	8	16	0.001432	5586.5	
Calcium	Ca	20	40	1.58	12.66	
Magnesium	Mg	12	24	1.743	6.88	
Schwefel	S	16	32	1.96	8.16	
Beryllium	Be	7	14	2.1	3.33	
Kohlenstoff	C	6	12	2.2	2.72	als Grafit
Kiesel	Si	14.2	28.4	2.49	5.7	
Strontium	Sr	43.8	87.6	2.5	17.52	
Aluminium	Al	13.6	27.2	2.56	5.27	
Titan	Ti	25	50	4.	6.25	
Barium	Ba	68.6	137.2	4.	17.15	
Zircon	Zi	44.7	89.4	4.15	10.77	
Selen	Se	39.5	79	4.80	8.18	
Thorium	Th	57.9	115.8	?	.	?
Yttrium	Y	30.8	61.6	?	.	?
Erbium	E	56.3	112.6	?	.	?
Cerium	Ce	46	92	?	.	?
Lanthan	La	46	92	?	.	?
Didym	Di	48	96	?	.	?
Tellur	Te	64	128	6.18	10.36	
Chrom	Cr	26	52	6.8	3.85	
Zink	Zn	32.5	65	6.9	4.72	
Mangan	Mn	27	54	7.1	3.80	
Zinn	Sn	59	118	7.29	8.09	
Indium	In	37.8	75.6	7.42	5.09	
Eisen	Fe	28	56	7.7	3.63	
Kobalt	Co	29.5	59	8.5	3.47	
Molybdän	Mo	46	92	8.64	5.32	
Kadmium	Cd	56	112	8.7	6.43	
Nickel	Ni	29.5	59	8.8	3.35	
Kupfer	Cu	31.7	63.4	8.96	3.53	
Uran	U	60	120	10	6	
Blei	Pb	103.5	207	11.39	9.09	
Ruthenium	Ru	52	104	11.3	4.6	
Palladium	Pd	53	106	11.8	4.5	
Rhodium	Rh	52	104	12.1	4.3	
Queksilber	Hg	100	200	13.6	7.35	
Vanadin	V	51.3	102.6	?	.	?
Wolfram	W	92	184	17.22	5.35	
Iridium	Ir	98.6	197.2	21.1	4.67	
Osmium	Os	100	200	21.4	4.67	
Platin	Pt	99	198	21.53	4.59	

Dann kommen die Stoffe deren Atomgewicht dem Aequivalentgewicht gleich ist:

TABELLE II.

BENENNUNG	Zeichen	Gewicht			Aequiv. Volum	Anmerkung
		Aequiv.	Atom-	Specif.		
Wasserstoff	H	1	1	0.0000894	11050	
Stickstoff	N	14	14	0.001276	11050	
Fluor	Fl	19	19	0.001698	11189	
Chlor	Cl	35.5	35.5	0.00313	11309	
Lithium	Li	7	7	0.59	11.8	
Kalium	K	39	39	0.865	44.8	
Natrium	Na	23	23	0.97	23.7	
Rubidium	Rb	85.4	85.4	1.56	56.3	
Phosphor	P	31	31	1.826	14.98	
Bor	Bo	11	11	2.68	4.104	
Brom	Br	80	80	2.97	26.9	
Jod	J	127	127	4.95	25.6	
Arsen	As	75	75	5.8	12.9	
Niobium	Nb	94	94	?	.	?
Antimon	Sb	122	122	6.7	18.2	
Tantal	Ta	182	182	?	.	?
Wismuth	Bi	208	208	9.9	21.01	
Caesium	Cs	133	133	?	.	?
Thallium	Tl	204	204	?	.	?
Silber	Ag	108	108	10.57	10.21	
Gold	Au	196	196	19.34	10.14	

Ein praktischer Chemiker wird vielleicht manchen Widerspruch mit der Erfahrung in diesen zwei Reihen finden — zugegeben! aber — erstens, sind die Reihen auf Ziffern gegründet, die noch durchaus nicht endgiltig festgestellt sind — zweitens, beziehen sich die Zahlen auf einen Zustand von einer bestimmten Normaltemperatur, bei der bekanntlich die wenigsten chemischen Veränderungen zu Stande kommen. Temperaturveränderungen leiten aber Aetherbewegungen ein, die nicht nothwendig immer vollkommen proportionale Erfolge haben müssen mit dem ursprünglichen Grade der mittleren Aetherdichte, besonders bei dem Zusammenwirken verschiedener Stoffe, worauf es ja bei jeder chemischen Action eben wesentlich ankömmt.

Uebrigens sind selbst die fundamentalen Zifferwerthe: das Verhältniss des Atomes zur Aequivalenz-Grösse noch nicht unzweifelhaft für alle Stoffe endgiltig festgestellt, und dürfte noch für einen oder den andern Stoff möglicherweise geändert werden müssen. — Um ein Beispiel anzuführen, will es scheinen, als wenn der Phosphor Atome von doppeltem Aequivalenzwerth haben möchte — nach seiner Dampfdichte zu schliessen, und nach der Verschiedenheit des Atomgewichtes, welches ihm verschiedene Chemiker von Bedeutung beizulegen sich veranlasst sehen.

Dass aber unsere Reihen nur insoferne einigen Werth haben können, als die Ziffern richtig sind, worauf sie basiren, liegt auf der Hand.

Im Ganzen und Grossen erscheinen diese zwei Reihen bedeutsam genug, und manche Erfahrung aus der Calorimetrie sowol, wie der sogenannten chemischen Verwandschaft ist auffallend im Einklange damit.

Ausdrücklich betonen muss ich, dass ich diesen zwei Reihen dem Gesagten zufolge keinen eigentlich wissenschaftlichen Werth, sondern nur den Werth eines Schemas beilegen kann; sie sollen nur an-

deuten, wie etwa die Reihen aussehen sollten, wenn wir vollkommen einwurfsfreie Ziffern hätten, auf die wir sie gründen könnten,

Dies gilt zunächst für die chemisch einfachen Stoffe.

Chemisch zusammengesetzte Stoffe müssen wir unter ähnlichen Gesichtspunkten auffassen.

Wenn zwei, drei oder vielleicht auch mehrere stoffliche Attraktionskerne innerhalb einer einzigen Aetherhülle vereinigt sind, wird es sich darum fragen, wie die Dichte der gemeinschaftlichen Aetherhülle sich bei der Vereinigung geändert hat, und dann, ob die zusammengesetzte Dynamide leicht oder schwer polarisirt. Im Allgemeinen wird die Polarisation um so leichter zu Stande kommen, je verschiedener die mechanische Werthigkeit der einzelnen vereinigten Kerne ist, je differenter die Masse oder Dichte der einzelnen vereinigten Kerne ist, weil dann von vorne herein leichte Verschiedenheiten der Aetherdichte an verschiedenen Seiten der Dynamide statt haben werden, Die Constitution der so zusammengesetzten Dynamiden anlangend, müssen wir nach den jetzt herrschenden Vorstellungen supponiren, dass die Kerne in der Dynamide unmittelbar aneinander lagern, während bei einer Zwillingsdynamide, wie wir sie als doppelaequivalentes elementares Atom auffassen, zwischen den zwei zu einander polarisirten Kernen eine sehr dichte Aetherlage vorhanden ist.

Wie es sich von selbst versteht, habe ich mit diesen Blättern nur den Versuch gemacht, in elementarer Weise die Gesichtspunkte anzudeuten, unter welchen alle bisher dunkleren physikalischen und chemischen Erscheinungen rationell erklärbar wären; eine weitere ausführliche Bewährung, und speziale wissenschaftliche Verkörperung müssen die angeregten Vorstellungen erst bekommen, theils durch sorgfältige Sichtung und Rückbeziehung aller schon bekannten Facta unserer ziemlich reichen physikalisch-chemischen Erfahrung, theils durch Versuche, welche speziell auf eine Neugewinnuug von einschlägigen Massbestimmungen gerichtet sind.

Es bleibt zu hoffen, dass Forscher mit mehr Wissen, mit mehr Scharfsinn oder auch nur mit mehr äusseren Hilfsmitteln ausgestattet, es der Mühe werth finden werden, den Spuren nachzugehen, welche ich in diesen Blättern zu verfolgen mich bemüht habe, und es bleibt zu hoffen, dass auf diesem Wege die Dämmerung rasch sich aufhellen wird, welche jetzt noch ziemlich dunkel über einem beträchtlichen Theile unserer Naturkenntnisse lagert.

Die Theilnahme, welche an dem Fortschritte der Naturerkenntniss in so vielen hellen Köpfen unserer Zeit rege ist, und welche rege Theilnahme so viele schöne Errungenschaften aufzuweisen hat, lässt mich hoffen, dass ich nicht vereinsamt bleiben werde auf dem mühevollen, aber vielversprechenden Pfade, dessen erste Spuren ich mehr ahnend als sehend gefunden zu haben glaube. Und indem ich auf fördernde Mithilfe, und aufmunternde Unterstützung von mancher wissensmächtigen Seite hoffe, möchte ich diese Blätter mit den erwartungsfrohen Worten schliessen, die man in periodischen Schriften am zeitlichen Schluss unterbrochener Mittheilungen liest — mit den Worten: Fortsetzung folgt.

BERICHTIGUNGEN.

Seite 4, Zeile 5 von oben lies Rotationsachse statt Rotationachse.
dto. 16, „ 21 „ „ „ Herd „ Heerd.
dto. 32, „ 19 „ „ „ aufheben „ aufhehen.
dto. 37. „ 5 u. 6 „ unten; S. 43, Z. 24 v. o., Z. 5 u. 8 v. u.; S. 44, Z. 1, 3, 4, 5, 13 v. o. und Z. 11 von u. lies reciprok (umgekehrt proportional) statt proportional.
dto. 44, „ 2 „ oben lies ist statt wirkt.
dto. 44, „ 2 „ unten „ prävaliren statt prevaliren.
dto. 45, „ 5 „ oben „ Hemiedrieen statt Hemiedricen.

Fig. 1.

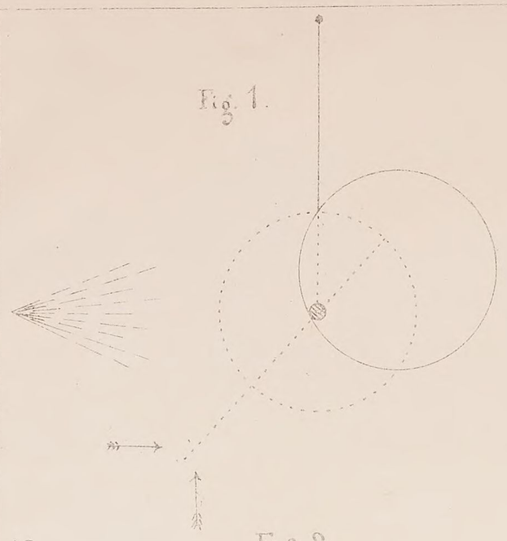


Fig. 2.

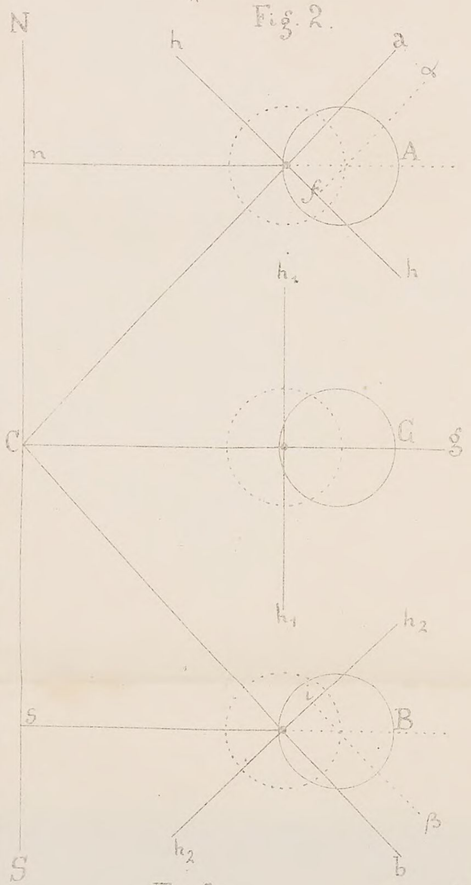


Fig. 3

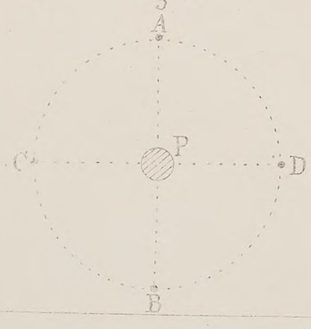


Fig. 4.

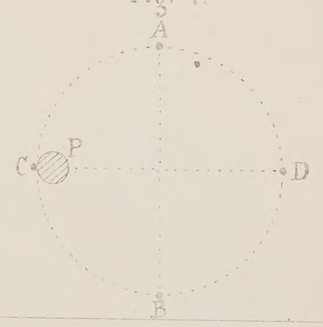


Fig. 5.

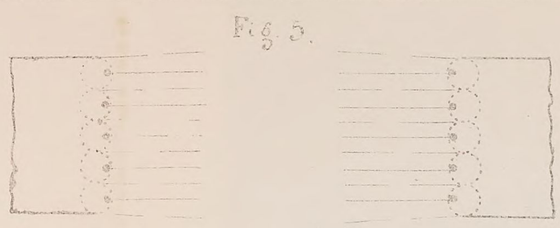


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8a.

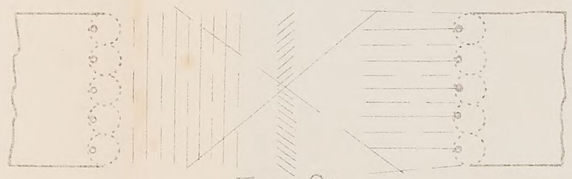


Fig. 8b.

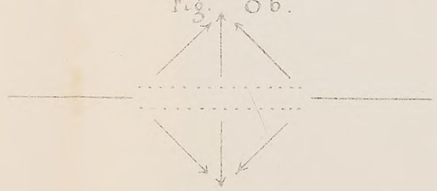


Fig. 9a.

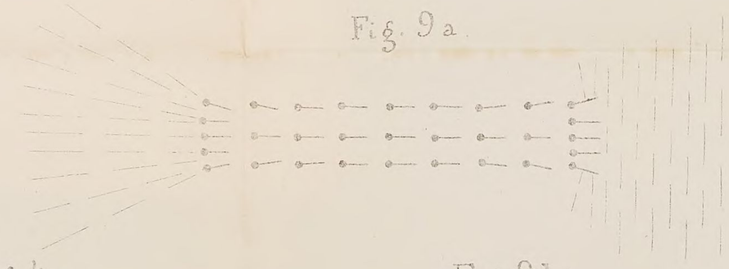


Fig. 9b.

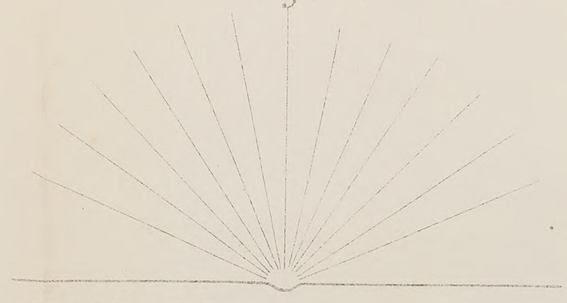


Fig. 10.

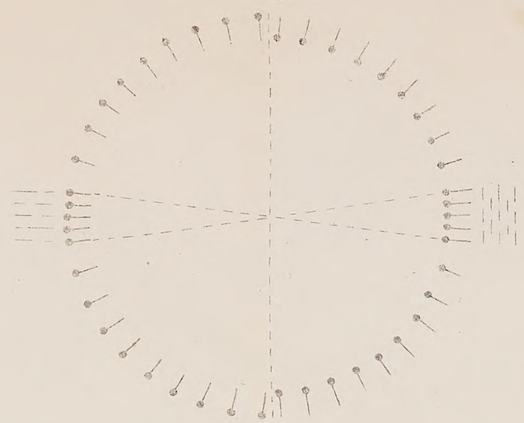


Fig. 11.

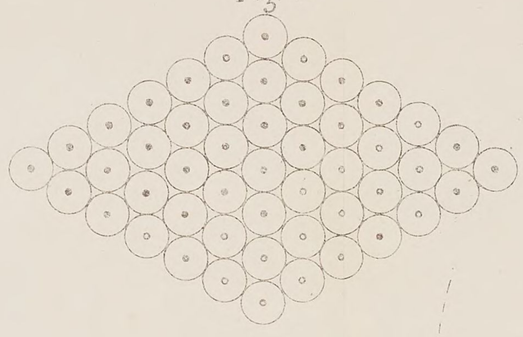


Fig. 12a.

Fig. 12b.

Fig. 12c.

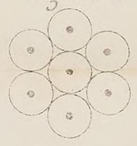


Fig. 12d.

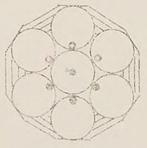


Fig. 13.

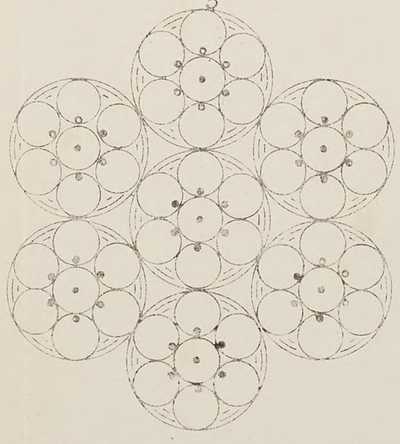


Fig. 14.

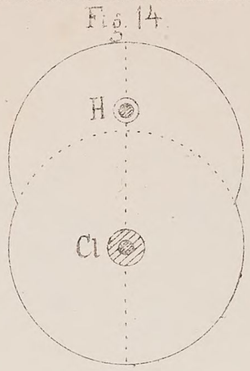


Fig. 15.

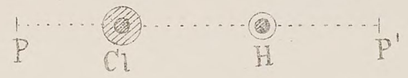


Fig. 16.

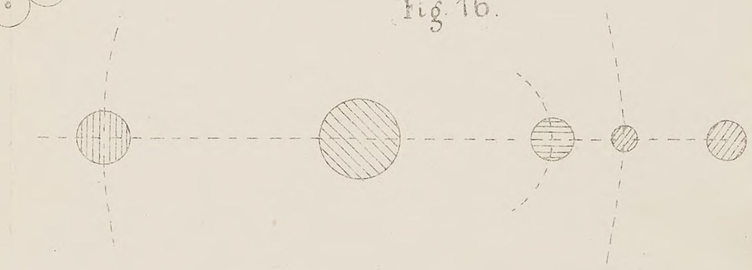


Fig. 17a.

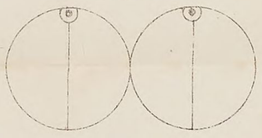


Fig. 17b.

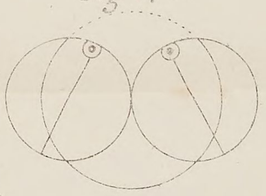


Fig. 17c.

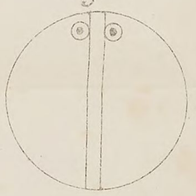
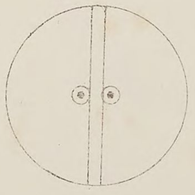


Fig. 18.



BUCHBIND
VON
AUGUST W
MÜNCH

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Lederer, Adolph

Centrische und excentrische Dynamiden Elementare Beiträge zu einer rationellen Atomen-Lehre. Mit einer lithographischen Figurentafel

Wien 1877

Phys.sp. 381 n
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11360890-1